



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΕΥΦΥΗ ΔΙΚΤΥΑ

Διπλωματική Εργασία

Σιρανίδου Ε. Μιλένα

Επιβλέπων καθηγητής: Μπαργιώτας Δημήτριος

Βόλος 2019



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ**

**ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ**

ΕΥΦΥΗ ΔΙΚΤΥΑ

Διπλωματική Εργασία

Σιρανίδου Ε. Μιλένα

Επιβλέπων καθηγητής: Μπαργιώτας Δημήτριος

Βόλος 2019



UNIVERSITY OF THESSALY
SCHOOL OF ENGINEERING

DEPARTMENT OF ELECTRICAL AND COMPUTER ENGINEERING

SMART GRIDS

Diploma Thesis

Siranidou E. Milena

Supervisor: Bargiotas Dimitrios

Volos 2019

Ευχαριστίες

Ευχαριστώ όλους όσοι συνέβαλαν στην πραγματοποίηση αυτής της διπλωματικής είτε με τη βοήθειά τους, είτε με την υπομονή και την στήριξή τους.

ΥΠΕΥΘΥΝΗ ΔΗΛΩΣΗ ΠΕΡΙ ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΗΣ ΔΕΟΝΤΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΠΝΕΥΜΑΤΙΚΩΝ ΔΙΚΑΙΩΜΑΤΩΝ

«Με πλήρη επίγνωση των συνεπειών του νόμου περί πνευματικών δικαιωμάτων, δηλώνω ρητά ότι η παρούσα διπλωματική εργασία, καθώς και τα ηλεκτρονικά αρχεία και πηγαίοι κώδικες που αναπτύχθηκαν ή τροποποιήθηκαν στα πλαίσια αυτής της εργασίας, αποτελεί αποκλειστικά προϊόν προσωπικής μου εργασίας, δεν προσβάλλει κάθε μορφής δικαιώματα διανοητικής ιδιοκτησίας, προσωπικότητας και προσωπικών δεδομένων τρίτων, δεν περιέχει έργα/εισφορές τρίτων για τα οποία απαιτείται άδεια των δημιουργών/δικαιούχων και δεν είναι προϊόν μερικής ή ολικής αντιγραφής, οι πηγές δε που χρησιμοποιήθηκαν περιορίζονται στις βιβλιογραφικές αναφορές και μόνον και πληρούν τους κανόνες της επιστημονικής παράθεσης. Τα σημεία όπου έχω χρησιμοποιήσει ιδέες, κείμενο, αρχεία ή/και πηγές άλλων συγγραφέων, αναφέρονται ευδιάκριτα στο κείμενο με την κατάλληλη παραπομπή και η σχετική αναφορά περιλαμβάνεται στο τμήμα των βιβλιογραφικών αναφορών με πλήρη περιγραφή. Αναλαμβάνω πλήρως, ατομικά και προσωπικά, όλες τις νομικές και διοικητικές συνέπειες που δύναται να προκύψουν στην περίπτωση κατά την οποία αποδειχθεί, διαχρονικά, ότι η εργασία αυτή ή τμήμα της δεν μου ανήκει διότι είναι προϊόν λογοκλοπής».

Ο/Η Δηλών/ούσα

(Υπογραφή)

Ονοματεπώνυμο Φοιτητή/ήτριας

Ημερομηνία

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία αποτελεί αρχικά μια θεωρητική περιγραφή του συστήματος της ηλεκτρικής ενέργειας, της προσπάθειας μετατροπής του σε ένα έξυπνο σύστημα ενέργειας και κάποιων χαρακτηριστικών του νέου συστήματος.

Στο πρώτο κεφάλαιο, περιγράφεται η ηλεκτρική ενέργεια ως έννοια και έπειτα το σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας στο σύνολο του. Αναλυτικότερα, παρουσιάζονται τα δίκτυα παραγωγής, μεταφοράς και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας και η γενική κατάσταση της ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα.

Στο δεύτερο κεφάλαιο, γίνεται μια εισαγωγή στα ευφυή δίκτυα παρουσιάζοντας την αρχιτεκτονική και τα χαρακτηριστικά τους. Ακολουθεί μια σύγκριση του έξυπνου δικτύου με το υπάρχον συμβατικό δίκτυο και αναφέρονται οι ανάγκες που οδηγούν στη μετάβαση από το υπάρχον στο έξυπνο δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας.

Στο επόμενο κεφάλαιο, αναλύεται η έννοια του μικροδικτύου παρουσιάζοντας το τί είναι και τί δεν είναι μικροδίκτυο. Έπειτα, αναφέρονται κάποια από τα πλεονεκτήματά του καθώς και οι τρόποι λειτουργίας του μέσα σε ένα έξυπνο δίκτυο.

Το τέταρτο κεφάλαιο αναφέρεται σε ένα από τα πεδία του έξυπνου δικτύου, τους έξυπνους μετρητές. Αρχικά, περιγράφεται ένας έξυπνος μετρητής. Έπειτα, παρουσιάζεται η έξυπνη μέτρηση στα νοικοκυριά και τέλος γενικότερα η εγκατάστασή τους στην Ελλάδα.

Τα ηλεκτρικά οχήματα αποτελούν το πέμπτο κεφάλαιο της εργασίας. Αφού οριστεί το τί είναι ένα ηλεκτρικό όχημα, παρατίθενται οι τύποι των οχημάτων που υπάρχουν μέχρι σήμερα. Επιπλέον, γίνεται αναφορά στα πλεονεκτήματά τους και αναλύονται δύο βασικές τεχνολογίες (G2V, V2G). Στο τέλος, περιγράφεται η κατάσταση στην Ελλάδα με τα υπάρχοντα οχήματα και τις ανάλογες υποδομές.

Τελευταίο κεφάλαιο της εργασίας αυτής αποτελούν τα συμπεράσματα και οι προοπτικές που προκύπτουν μετά από τη μελέτη και την ανάλυση του έξυπνου δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας.

ABSTRACT

This diploma thesis is initially a theoretical description of the electric energy system, the attempt of transforming it into a smart energy system and some of the characteristics of the new expected system.

In the first chapter, there is a description of electric energy as a meaning and after that, the system of electric energy in its entirety. There is a presentation of generation, transmission and distribution grids and of the general situation of electric energy in Greece, as well.

In the second chapter, there is an introduction to smart grid presenting its architecture and characteristics. After that, smart grid and conventional electric grid are being compared and there is a report to the needs that lead to the transition from the existing grid to the smart grid of electric energy.

In the next chapter, the concept of a microgrid is analyzed, presenting what is and what is not a microgrid. Then, there is a report to some of the advantages and operating ways of a microgrid in a smart grid.

The fourth chapter is about smart meters which are one of the fields of smart grid. Initially, is a description of a smart meter. Then, smart metering in household is presented and finally its installation generally in Greece.

Smart vehicles are the topic of the fifth chapter. After defining what a smart vehicle is, some types of smart vehicles that exist till now are presented. Furthermore, there is a report to their advantages and two of their basic technologies are analyzed (V2G, G2V). In the end, there is a description of the situation in Greece in the way of the smart vehicles that are already used and the proportional infrastructures.

The last chapter of this thesis is about the conclusions and the expectations that come from the study and the analysis of the smart grid of electric energy.

Περιεχόμενα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	vi
ABSTRACT	vii
Περιεχόμενα	viii
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	9
1.1. Σύστημα Ηλεκτρικής Ενέργειας	10
1.2. Δίκτυα παραγωγής, μεταφοράς και διανομής ενέργειας	13
1.3. Ηλεκτρική ενέργεια στην Ελλάδα	16
2. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΑ ΕΥΦΥΗ ΔΙΚΤΥΑ	22
2.1. Αρχιτεκτονική και Χαρακτηριστικά ενός Έξυπνου Δικτύου	23
2.2. Σύγκριση Υπάρχοντος Δικτύου με το Έξυπνο Δίκτυο	30
2.3. Ανάγκες για μετάβαση και προκλήσεις του Έξυπνου Δικτύου	32
3. ΜΙΚΡΟΔΙΚΤΥΑ (MICROGRIDS)	34
3.1. Τι είναι Μικροδίκτυο	35
3.2. Τι δεν είναι Μικροδίκτυο	37
3.3. Πλεονεκτήματα του Μικροδικτύου	39
3.4. Τρόποι λειτουργίας των μικροδικτύων	40
3.5. Έλεγχος Μικροδικτύου	42
3.6. Τομείς εφαρμογής	44
4. ΕΞΥΠΝΟΙ ΜΕΤΡΗΤΕΣ (SMART METERS)	48
4.1. Τι είναι οι έξυπνοι μετρητές;	48
4.2. Εξέλιξη των έξυπνων μετρητών	49
4.3. Χαρακτηριστικά των έξυπνων μετρητών	51
4.4. Έξυπνη μέτρηση στα νοικοκυριά	55
4.5. Εγκατάσταση έξυπνων μετρητών στην Ελλάδα	59
5. ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΟΧΗΜΑΤΑ (ELECTRIC VEHICLES)	61
5.1. Τι είναι τα ηλεκτρικά οχήματα	61
5.2. Τύποι ηλεκτρικών οχημάτων	62
5.3. Πλεονεκτήματα ηλεκτρικών οχημάτων	65
5.4. Grid to Vehicle (G2V) και Vehicle to Grid (V2G)	65
5.5. Ηλεκτρικά Οχήματα στην Ελλάδα	68
6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ και ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ	70
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	71

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

“Η δραστηριότητα που απαιτείται για να γίνει πράξη η δυνατότητα (δύναμις)”, είναι ο πρώτος ορισμός που δόθηκε ποτέ για την ενέργεια από τον Αριστοτέλη στα *Ηθικά Νικομάχεια*. Σύμφωνα με αυτόν, ενέργεια είναι η ικανότητα που αναγκάζει την ύλη να κινηθεί ή να μεταβληθεί. Η ενέργεια δεν είναι ορατή αλλά μπορεί να γίνει αντιληπτή από τις μορφές που παίρνει. [1] Οι μορφές ενέργειας που συναντώνται είναι οι εξής :

- μηχανική που αποτελείται από κινητική και δυναμική
- ηλεκτρομαγνητική στην οποία υπάγονται η ηλεκτρική και η μαγνητική ενέργεια
- πυρηνική
- χημική
- θερμική- βιολογική
- θερμότητα – ακτινοβολία

Μία από τις τέσσερις θεμελιώδεις αλληλεπιδράσεις της ύλης είναι η ηλεκτρομαγνητική. Στην αλληλεπίδραση αυτή κύριο ρόλο έχει το ηλεκτρικό φορτίο, το οποίο αποτελεί ιδιότητα των υποατομικών σωματιδίων. Το ηλεκτρικό φορτίο μεταφέρεται με ηλεκτρικό ρεύμα το οποίο χωρίζεται σε εναλλασσόμενο ρεύμα που αλλάζει κατεύθυνση και συνεχές ρεύμα που η κατεύθυνσή του παραμένει σταθερή. Η ενέργεια που μεταφέρει το ηλεκτρικό ρεύμα ονομάζεται ηλεκτρική ενέργεια. Για να δημιουργηθεί ηλεκτρική ενέργεια αρκεί να παραχθεί έργο, το οποίο χρησιμοποιείται για να περιστραφεί ένα πηνίο εντός ενός μαγνητικού πεδίου. (Νόμος Ηλεκτρομαγνητικής Επαγωγής – Faraday).

Η ευκολία μετατροπής της ηλεκτρικής ενέργειας σε άλλες μορφές ενέργειας είναι αυτή που την καθιστά την κύρια μορφή ενέργειας για την επιβίωση και την ευημερία του σύγχρονου κόσμου.

Η ηλεκτρογεννήτρια στους σταθμούς που λειτουργούν με ορυκτά, πυρηνικά καύσιμα και βιοκαύσιμα, κινείται λόγω ατμού που οδηγεί σε στρόβιλο. Από την άλλη,

στα αιολικά, υδροηλεκτρικά και τα συστήματα αξιοποίησης της κυματικής και της παλιρροιακής ενέργειας, η ανεμογεννήτρια κινείται από ρεύμα κάποιου ρευστού.

1.1.Σύστημα Ηλεκτρικής Ενέργειας

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ξεκίνησε το 1881 με την πρώτη μονάδα παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος να βρίσκεται ανάμεσα σε Λονδίνο και Πόρτσμουθ. Την επόμενη χρονιά στη Στουτγάρδη εγκαταστάθηκε η πρώτη μονάδα, η οποία παρήγαγε ηλεκτρική ενέργεια για 30 λάμπες πυρακτώσεως. Στο Βερολίνο, τρία χρόνια μετά, δημιουργήθηκαν τα πρώτα δίκτυα. Γενικότερα, από το 1880 έως το 1890 παρατηρείται μια ραγδαία εξέλιξη στον τομέα της ενέργειας.

Στην Ελλάδα ο ηλεκτρισμός έκανε την πρώτη του εμφάνιση το 1889, όταν κατασκευάστηκε η πρώτη μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Όσο περνούσε ο καιρός όλο και περισσότερες πόλεις ηλεκτροδοτούνταν είτε με μονάδες παραγωγής είτε με μικρότερα εργοστάσια για τις πιο αραιοκατοικημένες και απομακρυσμένες περιοχές. Η Ελλάδα το 1950 είχε πλέον 400 εταιρείες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, οι οποίες ως πρωτογενή καύσιμα χρησιμοποιούσαν το κάρβουνο και το πετρέλαιο. Το 1950 στην Ελλάδα ιδρύθηκε η ΔΕΗ και η παραγωγή, μεταφορά και διανομή της ηλεκτρικής ενέργειας συγκεντρώθηκαν σε ένα δημόσιο φορέα. Έτσι δημιουργήθηκε το σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας. Πλέον το μονοπώλιο από τη ΔΕΗ έχει πάψει να υφίσταται καθώς ιδιώτες και Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας έχουν αναλάβει έναν σοβαρό ρόλο στην παραγωγή ενέργειας. [2]

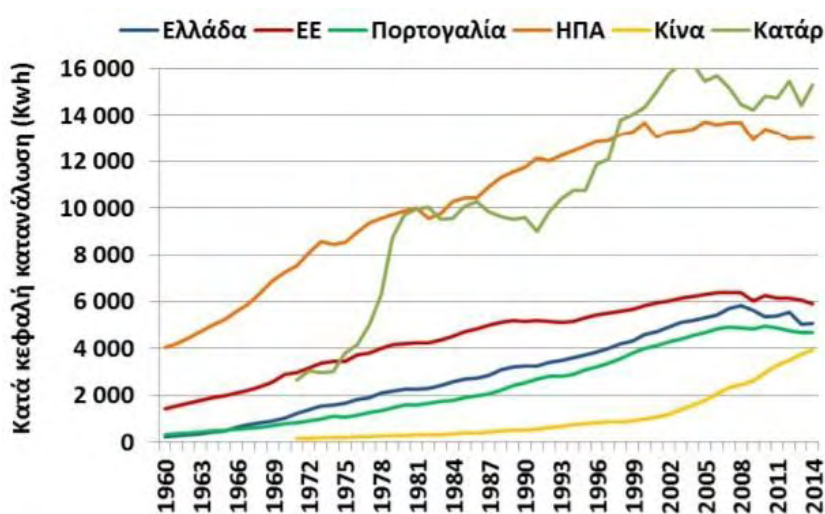
Το σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας αποτελείται τρεις βασικές συνιστώσες οι οποίες είναι η σύγχρονη γεννήτρια, ο τριφασικός μετασχηματιστής και η γραμμή μεταφοράς που χρησιμοποιούνται για την παροχή της ηλεκτρικής ενέργειας στις περιοχές εξυπηρέτησης. Ένα σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας για να είναι αποδοτικό είναι απαραίτητες οι μελέτες οικονομικής λειτουργίας που θα καθορίσουν τον τρόπο λειτουργίας του. Η οικονομική λειτουργία ενός συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας θεωρείται επιτυχής όταν η ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας των καταναλωτών (ηλεκτρικό φορτίο) ικανοποιείται ελαχιστοποιώντας το κόστος παραγωγής. Με λί-

γα λόγια, όταν επιτυγχάνεται μικρότερο κόστος ανά παραγόμενη μονάδα ηλεκτρικής ενέργειας (KWh) το σύστημα θεωρείται αποτελεσματικό.

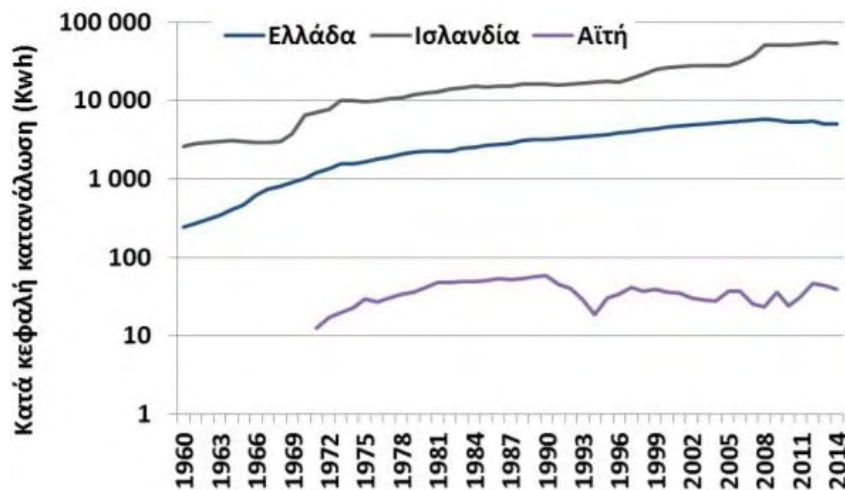
Οι παράγοντες διαμόρφωσης της ζήτησης ενέργειας από ένα σύστημα είναι οι παρακάτω : [3]

- ο πληθυσμός (κάτοικοι, επισκέπτες, μετανάστες)
- το είδος των δραστηριοτήτων (βιομηχανία, γεωργία, τουρισμός)
- οι κλιματολογικές συνθήκες (θερμοκρασία, υγρασία, ηλιακή ακτινοβολία, ταχύτητα ανέμου)
- οι υποδομές (δίκτυα μεταφοράς, κατοχή οικιακών συσκευών)
- οι κοινωνικές συνθήκες (καταναλωτικές συνήθειες, ώρες αιχμής δραστηριοτήτων)
- διάφορα οικονομικά μεγέθη (ΑΕΠ, εισόδημα, τιμή ενέργειας)
- το θεσμικό πλαίσιο (περιβαλλοντικοί περιορισμοί, εξοικονόμηση ενέργειας)
- η περιβαλλοντική συνείδηση

Στην Εικόνα 1 εμφανίζονται στατιστικά στοιχεία που αφορούν την κατά κεφαλήν κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος από το 1960 έως το 2014 στην Ελλάδα αλλά και σε άλλες χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, στις ΗΠΑ αλλά και στην Κίνα και το Κατάρ. Από την άλλη, στην Εικόνα 2 τα στοιχεία αφορούν την Ελλάδα, την Ισλανδία και την Αϊτή.



Εικόνα 1. Κατά κεφαλήν κατανάλωση [4]

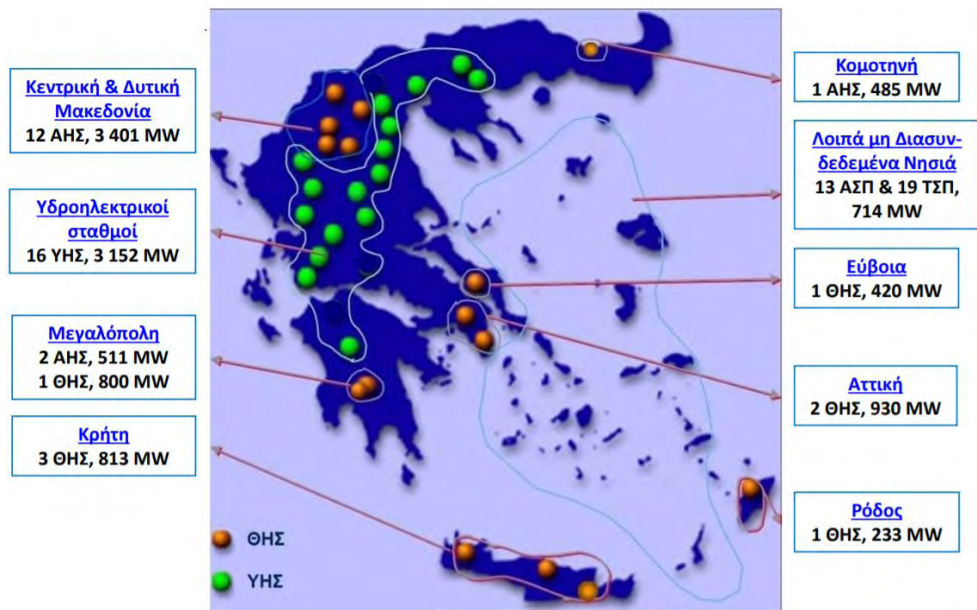


Εικόνα 2. Κατά κεφαλήν κατανάλωση [4]

Η αξιόπιστη εξυπηρέτηση της ισχύος επιτυγχάνεται με βάση τους παρακάτω καθοριστικούς παράγοντες:

- τη διαθεσιμότητα των μονάδων παραγωγής
- την εξέλιξη του φορτίου
- το βαθμό διείσδυσης μονάδων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας
- τη διαθεσιμότητα ισχύος για εισαγωγές από τις διασυνδέσεις
- τις συνθήκες υδραυλικότητας

Στην Εικόνα 3 απεικονίζεται η κατανομή των σταθμών παραγωγής ανά περιοχή της Ελλάδος. Με πράσινες κουκκίδες σημειώνονται οι σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με μεγάλα ποσά παραγωγής ισχύος ενώ με τις πορτοκαλί κουκκίδες οι σταθμοί που παράγουν λιγότερη ενέργεια.



Εικόνα 3. Γεωγραφική κατανομή σταθμών παραγωγής της ΔΕΗ [5]

1.2.Δίκτυα παραγωγής, μεταφοράς και διανομής ενέργειας

Η αποτελεσματική εξυπηρέτηση των αναγκών σε ηλεκτρική ενέργεια προϋποθέτει τις διακριτές φάσεις της παραγωγής, της μεταφοράς και της διανομής ενέργειας σε ένα σύστημα.

Το σύστημα παραγωγής [2]

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι η διαδικασία μετατροπής διαφόρων μορφών ενέργειας, όπως θερμότητα, κινητική, πυρηνική, ηλιακή, αιολική και υδροδυναμική, σε ηλεκτρική ενέργεια. Το σύστημα παραγωγής περιλαμβάνει τους σταθμούς παραγωγής (η ηλεκτρογεννήτρια παράγει με μία ορισμένη τιμή τάσης στα 6.6kV) και τους μετασχηματιστές ανύψωσης της τάσης για τη μεταφορά του ρεύματος υπό υψηλή (66 και 150kV) και υπερύψηλη τάση (400kV) προς τους υποσταθμούς.

Το σύστημα μεταφοράς

Στην πλευρά του δικτύου μεταφοράς, όλοι οι μεγάλοι σταθμοί μεταφοράς όπως και διαφορετικά συστήματα μεταξύ τους διασυνδέονται και έτσι είναι δυνατή η μεταφορά μεγάλων μεγεθών ισχύος σε μεγάλες αποστάσεις προς τα κέντρα κατανάλωσης. Το σύστημα μεταφοράς αποτελεί τη σπονδυλική στήλη του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας και λειτουργεί στο μέγιστο βαθμό όσον αφορά τα επίπεδα τάσης. Τα δίκτυα των γραμμών ΥΥΤ και ΥΤ, οι υποσταθμοί ζεύξης και οι υποσταθμοί μετασχηματισμοί μεταξύ των διαφόρων επιπέδων τάσης αποτελούν το σύστημα μεταφοράς.

Κύριο χαρακτηριστικό του Ελληνικού Διασυνδεδεμένου Συστήματος αποτελεί η συγκέντρωση των σταθμών παραγωγής στη Βόρεια Ελλάδα (Δυτική Μακεδονία) ενώ η κύρια κατανάλωση γίνεται στη Νότια Ελλάδα (Αττική). Επιπλέον, οι διεθνείς διασυνδέσεις με Βαλκάνια που και αυτές είναι στο Βορρά συμβάλλουν στη γεωγραφική ανισορροπία μεταξύ παραγωγής και φορτίων. Δημιουργείται έτσι η ανάγκη για μεταφορά μεγάλων ποσοτήτων ισχύος κατά το γεωγραφικό άξονα Βορρά – Νότου, που εξυπηρετείται από ένα δίκτυο με κεντρικό κορμό 400kV και τρεις γραμμές μεταφοράς των 400kV διπλού κυκλώματος. Οι γραμμές αυτές συνδέουν τη Δυτική Μακεδονία με την Αττική.

Στην Εικόνα 4 απεικονίζεται ένα δίκτυο γραμμής μεταφοράς των 150kV καθώς και το δίκτυο των 20kV στην Εικόνα 5.



Εικόνα 4.Δίκτυο 150kV [1]



Εικόνα 5.Δίκτυο 20kV[1]

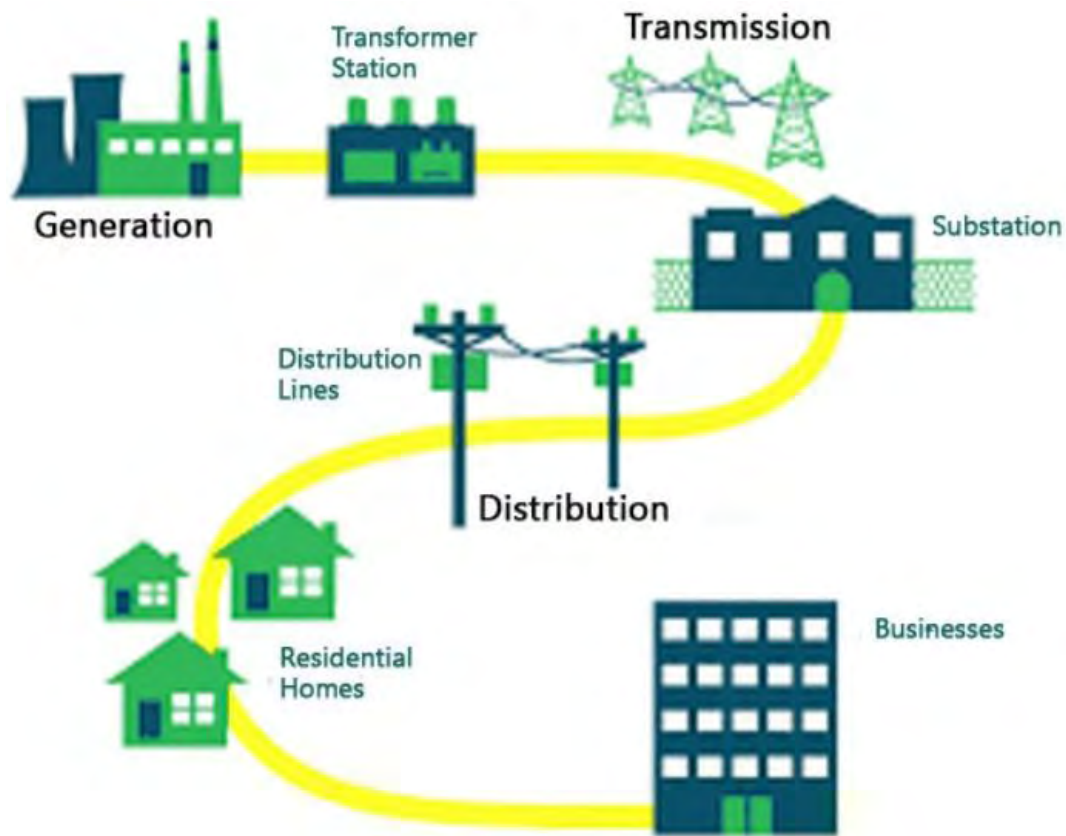
Το σύστημα υπομεταφοράς

Ενώ το σύστημα μεταφοράς μεταφέρει μεγάλα μεγέθη ισχύος και σε μακρινές αποστάσεις ακόμα και έξω από τα σύνορα της Ελλάδος, το σύστημα υπομεταφοράς αποτελεί μια μικρογραφία του καθώς αναλαμβάνει τα μικρότερα μεγέθη ισχύος σε κοντινότερες αποστάσεις υπό χαμηλότερη τάση από υποσταθμούς μεταφοράς σε υποσταθμούς διανομής μικρότερων κέντρων κατανάλωσης. Η διαφορά δικτύων μεταφοράς και υπομεταφοράς δεν είναι τόσο διακριτή ωστόσο καθώς όσο επεκτείνεται το σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας και η ανάγκη για μεταφορά υπό υψηλότερα επίπεδα τάσης μεγαλώνει, οι παλαιότερες γραμμές μεταφοράς μεταβαίνουν στα χαμηλότερα επίπεδα τάσης. Στους υποσταθμούς η τάση υποβιβάζεται για να διανεμηθεί στους καταναλωτές.

Το σύστημα διανομής

Αποτελείται από τα δίκτυα διανομής ηλεκτρικής ενέργειας μέσης τάσης (20kV) και χαμηλής τάσης (22/380V), στα οποία υπάγονται και οι υποσταθμοί διανομής που υποβιβάζουν την τάση από μέση σε χαμηλή. Μέσω των δικτύων διανομής η ηλεκτρική ενέργεια διανέμεται στους καταναλωτές μέσης τάσης και χαμηλής τάσης.

Η Εικόνα 6 αποτελεί μια πλήρη απεικόνιση της διαδρομής που ακολουθεί το ηλεκτρικό ρεύμα από την παραγωγή έως την κατανάλωση.



Εικόνα 6. Διαδικασία από την παραγωγή στην κατανάλωση [6]

1.3.Ηλεκτρική ενέργεια στην Ελλάδα

Η παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας γίνεται ως επί τω πλείστον στη Βόρεια Ελλάδα και συγκεκριμένα στη Δυτική Μακεδονία. Ωστόσο, το 65% της παραγόμενης ενέργειας καταναλώνεται στην Κεντρική και Νότια Ελλάδα. Η ένταξη νέων μονάδων παραγωγής, πυκνωτών αντιστάθμισης μετρίασε κατά ένα βαθμό το πρόβλημα της μεγάλης αυτής γεωγραφικής ανισοκατανομής μεταξύ παραγωγής και κατανάλωσης αλλά σε περιοχές της Αττικής και της Πελοποννήσου το πρόβλημα παραμένει από πλευρά αστάθειας. Οι κυριότερες συνιστώσες του υφιστάμενου συστήματος είναι οι υποσταθμοί υψηλής και μέσης τάσης, τα κέντρα υπερυψηλής

τάσης, οι γραμμές μεταφοράς και οι συσκευές αντιστάθμισης αέργου ισχύος. Ο συνδυασμός των παραπάνω επιτρέπει στο εθνικό δίκτυο ενέργειας την παραγωγή, μεταφορά και διανομή της ηλεκτρικής ενέργειας τόσο σε εθνικό όσο και σε διεθνές έδαφος.

Από τον Οκτώβριο του 2004 το Ελληνικό Σύστημα λειτουργεί με επιτυχία παράλληλα με το διασυνδεδεμένο Ευρωπαϊκό Σύστημα μέσω διασυνδετικών γραμμών μεταφοράς, κυρίως 400kV, με τα συστήματα της Αλβανίας, της Βουλγαρίας και της ΠΓΔΜ, καθώς και με ασύγχρονη σύνδεση με το σύστημα της Ιταλίας. Από τον Σεπτέμβριο του 2010, το Ελληνικό σύστημα έχει συνδεθεί και με το σύστημα της Τουρκίας, το οποίο έχει συνδεθεί με αυτό της Βουλγαρίας. (Εικόνα 7) [7]



Εικόνα 7. Μεταφορά ηλεκτρικής ενέργειας. [8]

Από την παραγωγή στη διανομή και την κατανάλωση η ηλεκτρική ενέργεια περνάει από πλήθος συντελεστών οι οποίοι ρυθμίζουν τις αρχές και τους κανόνες με τους οποίους προστατεύονται τα δικαιώματα των καταναλωτών και αποφεύγονται τα ολιγοπώλια. Οι συντελεστές αυτοί είναι :[9, 7]

Ρυθμιστική Αρχή

Αποτελεί τον ανεξάρτητο εθνικό θεσμό που ως στόχο έχει να κρατά τις τιμές της ηλεκτρικής ενέργειας σε δίκαια και λογικά πλαίσια, να προστατεύει το περιβάλλον και να διασφαλίζει την ασφάλεια κατά την παροχή ηλεκτρικής ενέργειας.

Ανεξάρτητος Διαχειριστής του Συστήματος Μεταφοράς

Είναι εγκεκριμένος από την εθνική ρυθμιστική αρχή για να επιβλέπει τη λειτουργία, την ανάπτυξη και τη συντήρηση μέρους ή ολόκληρου του συστήματος μεταφοράς. Για την Ελλάδα ο ΑΔΜΗΕ έχει το ρόλο του διαχειριστή μεταφοράς και μεταξύ άλλων σκοπός του είναι και η προώθηση του ανταγωνισμού στην ελληνική αγορά ηλεκτρισμού μέσω ισότιμης συμμετοχής των χρηστών στο σύστημα.

Διαχειριστής Συστήματος Διανομής

Είναι ο υπεύθυνος για την κατασκευή, την επέκταση, τη συντήρηση και τη λειτουργία της υποδομής του δικτύου διανομής. Ο ΔΕΔΔΗΕ Α.Ε αποτελεί θυγατρική εταιρεία της ΔΕΗ Α.Ε αν και λειτουργεί ανεξάρτητα και έχει διαφορετική διοίκηση τηρώντας όλες τις απαιτήσεις ανεξαρτησίας. Στόχος του είναι η αξιόπιστη παροχή ισχύος στους καταναλωτές, η ποιότητα της ηλεκτρικής τάσης και η βελτίωση των υπηρεσιών.

Διαχειριστής Συστήματος Καταγραφής Μετρήσεων

Εγκαθιστά, συντηρεί τους μετρητές ηλεκτρικής ενέργειας και διαβάζει τις τιμές τους κατά περιόδους. Ο ΔΕΔΔΗΕ αποτελεί τον επίσημο διαχειριστή συστήματος καταγραφής μετρήσεων. Οι μετρήσεις που καταγράφονται από τον ΔΕΔΔΗΕ κάθε χρόνο φτάνουν τα 24 εκατομμύρια από 7,2 εκατομμύρια πελάτες χαμηλής και μέσης τάσης.

Λειτουργός Αγοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας

Διευκολύνει τη συνεχή λειτουργία και διαχείριση της χονδρικής αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας. Οι τρόποι με τους οποίους γίνεται το εμπόριο της ηλεκτρικής ενέργειας είναι μέσω διμερών συμβολαίων και μέσω της χονδρικής αγοράς, η οποία μπορεί να χωριστεί σε υποαγορές. Η λειτουργός αγοράς για την Ελλάδα είναι η ΛΑΓΗΕ Α.Ε οι οποία μεταξύ άλλων έχει και τις παρακάτω αρμοδιότητες :

- διενεργεί τον Ημερήσιο Ενεργειακό Προγραμματισμό
- συνεργάζεται με τον διαχειριστή του ΕΣΜΗΕ
- τηρεί ειδικό μητρώο συμμετεχόντων στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας
- παρέχει έγκαιρα στους συμμετέχοντες τις απαραίτητες πληροφορίες για την συμμετοχή τους στην αγορά, αποφεύγοντας κάθε διάκριση μεταξύ αυτών
- συμμετέχει σε κοινές επιχειρήσεις, ενώσεις, οργανισμούς ή εταιρείες με στόχο τη δημιουργία αγορών
- συνάπτει συμβάσεις πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας

Παραγωγός ενέργειας

Η ηλεκτρική ενέργεια παράγεται στο μεγαλύτερο της μέρος σε μεγάλους σταθμούς οι οποίοι είναι συνδεδεμένοι με το εθνικό δίκτυο μεταφοράς. Ωστόσο, είναι δυνατή η παραγωγή της κι από σταθμούς μικρότερης κλίμακας συνδεδεμένους στο κατά τόπους δίκτυο διανομής. Οι παραγωγοί ενέργειας στην Ελλάδα είναι η ΔΕΗ, ιδιώτες και οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

Προμηθευτής Ηλεκτρικής Ενέργειας

Οι προμηθευτές της ηλεκτρικής ενέργειας είναι εκείνοι που αγοράζουν την ενέργεια από τη χονδρική αγορά και έπειτα την πωλούν σε πελάτες επιχειρώντας να πετύχουν όσο το δυνατόν πιο ανταγωνιστικές τιμές. Οι πελάτες (πελάτες, νοικοκυριά ή άλλοι προμηθευτές) προκειμένου να βρουν την ιδανικότερη τιμή τελούν μια έρευνα αγοράς πριν επιλέξουν τον κατάλληλο προμηθευτή για να τους παρέχει ενέργεια.

Συναθροιστής (Aggregator) ηλεκτρικής ενέργειας

Παρέχει στους πελάτες, είτε οικιακούς είτε βιομηχανικούς, πληροφορίες και οικονομικά κίνητρα για να προσαρμόσουν την κατανάλωσή τους με τις πιο συμφέρουσες τιμές της αγοράς.

Το Διάγραμμα 1 απεικονίζει εν συντομία τη λειτουργία της αγοράς ενέργειας με τους συντελεστές που προαναφέρθηκαν. Με βάση τη ζήτηση κάθε μέρα μέχρι τις 12:00 γίνεται ο Ημερήσιος Ενεργειακός Προγραμματισμός με στόχο την ελάχιστη δαπάνη. Ο ΑΔΜΗΕ αναλαμβάνει το πρόγραμμα, την κατανομή φορτίου και την οριακή τιμή του συστήματος.



Διάγραμμα 1. Λειτουργία της αγοράς ενέργειας με τους συντελεστές της [7]

Στο διάγραμμα αυτό δεν φαίνεται ξεκάθαρα η θέση του ΛΑΓΗΕ (Λειτουργός Αγοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας), ωστόσο συμμετέχει στον ΗΕΠ ως παραγωγός με νέο όνομα από τον Ιούνιο του 2018 όποτε και μετονομάστηκε σε Διαχειριστής ΑΠΕ & Εγγυήσεων Προέλευσης (ΔΑΠΕΕΠ) Τα τελευταία χρόνια παρατηρήθηκαν διάφορες αλλαγές στην αγορά ενέργειας και μια από αυτές είναι η αύξηση των παραγωγών αλλά και των προμηθευτών. Ειδικότερα, το μονοπώλιο της ΔΕΗ έχει τελειώσει και πλέον έχουμε νέες εταιρείες παραγωγής ενέργειας αρκετά ανταγωνιστικές ώστε να κερδίζουν την εμπιστοσύνη των καταναλωτών και

σε πολλές περιπτώσεις να κατέχουν και την πρώτη θέση σε προτίμηση από αυτούς.

Επιπλέον, παρατηρείται ότι η παραγωγή από λιγνιτικές μονάδες μειώνεται ενώ αυξάνεται από μονάδες φυσικού αερίου, από υδροηλεκτρικές μονάδες καθώς και από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Αυτή είναι μια εξέλιξη που συμφέρει την χώρα μας και από οικολογικής και από οικονομικής άποψης, καθώς οι κλιματικές αλλαγές και οι αυξητικές τάσεις στην κατανάλωση της ηλεκτρικής ενέργειας απαιτούν διαφορετικές πηγές ενέργειας, ανεξάντλητες ή έστω ανανεώσιμες και λιγότερο βλαβερές για το περιβάλλον. Έτσι, αυξάνοντας τη διείσδυση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στο ενεργειακό μας σύστημα και μειώνοντας τις εξαντλήσιμες πηγές η εποχή του ευφυούς δικτύου έρχεται να πάρει τα ηνία από το παραδοσιακό δίκτυο.

2. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΑ ΕΥΦΥΗ ΔΙΚΤΥΑ

Το Έξυπνο Δίκτυο μπορεί να οριστεί με διάφορους τρόπους ανάλογα με τα λειτουργικά και τα τεχνικά του χαρακτηριστικά ή ανάλογα με τα οφέλη που προκύπτουν από την υλοποίησή του. Κάποιοι από τις ορισμούς που έχουν δοθεί για αυτό επηρεάζονται και από την χώρα, τη γεωγραφική θέση, τα κίνητρα και τα οφέλη των φορέων που εμπλέκονται. [10]

- Σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Πλατφόρμα Τεχνολογίας το έξυπνο δίκτυο είναι ένα ηλεκτρικό δίκτυο που μπορεί έξυπνα να ενοποιήσει τις δράσεις όλων των χρηστών που συνδέονται σε αυτό παραγωγών, καταναλωτών, και αυτών που είναι και τα δυο με σκοπό να παρέχει αποτελεσματική βιώσιμη οικονομική και ασφαλή παροχή ηλεκτρισμού. [11]
- Το Electric Power Research Institute (EPRI) ορίζει το έξυπνο δίκτυο ως μια ευφυή υποδομή παροχής ηλεκτρικής ενέργειας η οποία υποστηρίζεται από τις τελευταίες τεχνολογίες στον τομέα της επικοινωνίας, του υπολογισμού και της ηλεκτρονικής, με σκοπό την ανταπόκριση σε μελλοντικές απαιτήσεις της κοινωνίας σε ηλεκτρική ενέργεια.
- Το Γραφείο Μεταφοράς και Διανομής Ενέργειας του Department of Energy (DoE) των ΗΠΑ υποστηρίζει πως το Έξυπνο Δίκτυο αποτελεί τη λύση που θα εξασφαλίσει την αξιοπιστία, την ασφάλεια και την αποδοτικότητα του ηλεκτρικού συστήματος μέσω ανταλλαγής πληροφοριών, κατανεμημένης παραγωγής και αποθήκευσης της ενέργειας.
- Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή παρουσιάζει το Έξυπνο Δίκτυο ως ένα εξελιγμένο ηλεκτρικό δίκτυο, του οποίου αναπόσπαστο κομμάτι είναι η αμφίδρομη επικοινωνία μεταξύ παραγωγού και καταναλωτή και τα ευφυή συστήματα μέτρησης και παρακολούθησης της λειτουργίας του. [4]

- Το European Commission Task Force for Smart Grid δίνει τον εξής ορισμό
« Έξυπνο Δίκτυο είναι ένα ηλεκτρικό δίκτυο το οποίο με αποδοτικό τρόπο μπορεί να ενσωματώσει τη συμπεριφορά και τις δράσεις όλων των παραγόντων που βρίσκονται συνδεδεμένοι σε αυτό παραγωγοί, καταναλωτές ή και καταναλωτές που παράγουν ενέργεια ώστε να διασφαλίσει ένα οικονομικά αποδοτικό, βιώσιμο σύστημα ενέργειας με χαμηλές απώλειες και υψηλής ποιότητας υπηρεσία, σε ένα ασφαλές και αξιόπιστο δίκτυο». [5]

Υπάρχουν πολλοί ορισμοί για το Έξυπνο Δίκτυο αλλά το κοινό χαρακτηριστικό τους είναι η ενσωμάτωση τεχνολογιών πληροφορικής και επικοινωνιών στα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας. Τα έξυπνα δίκτυα αξιοποιούν τις τελευταίες εξελίξεις στις επικοινωνίες και τα ευφυή συστήματα και με αυτόν τον τρόπο το δίκτυο γίνεται πιο ευέλικτο, διαδραστικό και είναι σε θέση να παρέχει ανατροφοδότηση σε πραγματικό χρόνο. Συνοπτικά, το έξυπνο δίκτυο είναι ο εκσυγχρονισμός του ήδη υπάρχοντος δικτύου μέσω της προσθήκης νέων τεχνολογιών (έξυπνων μετρητών, έξυπνων συσκευών) και της πιο ενεργητικής συμμετοχής των χρηστών του (αμφίδρομη επικοινωνία, δύο κατευθύνσεων ροές ηλεκτρισμού και πληροφορίας). (Εικόνα 8)

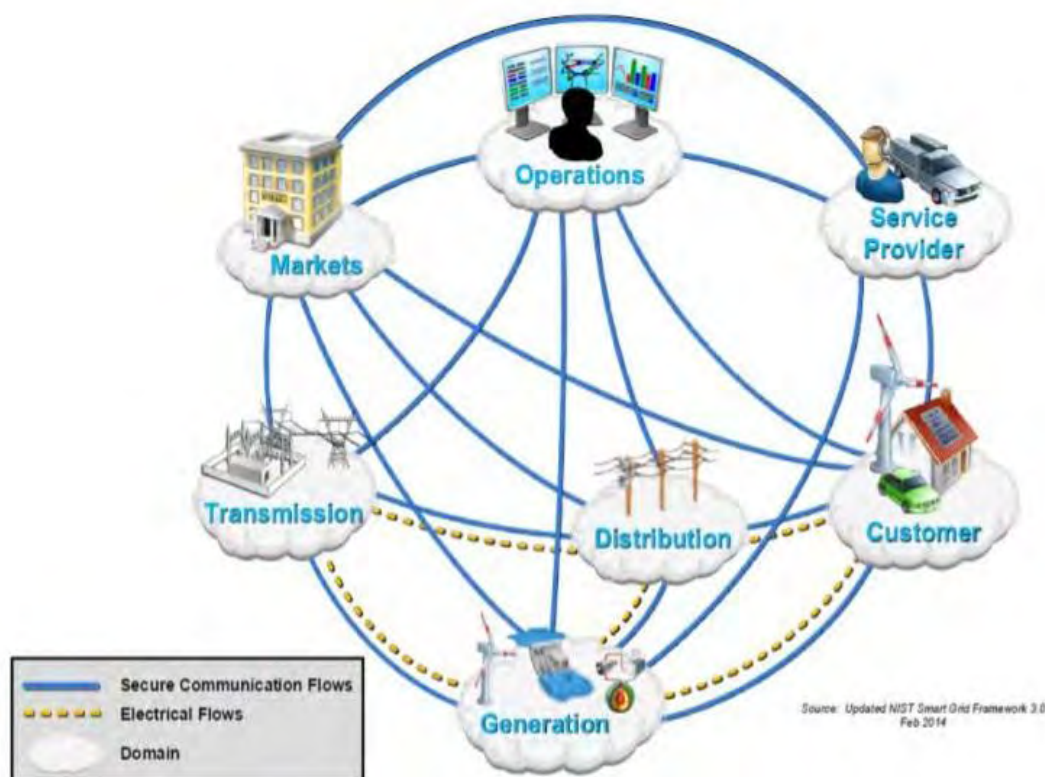


Εικόνα 8. Έξυπνο δίκτυο ως συνδυασμός τεχνολογιών πληροφορικής και δικτύου ενέργειας [2]

2.1. Αρχιτεκτονική και Χαρακτηριστικά ενός Έξυπνου Δικτύου

Το Έξυπνο Δίκτυο είναι ένα σύστημα το οποίο μπορεί να περιγραφεί με διάφορους τρόπους ανάλογα με τις ανάγκες που εξυπηρετεί και την σκοπιά από την οποία παρατηρείται. Μία σύντομη και περιεκτική επισκόπηση της αρχιτεκτονικής του έχει γίνει από το Εθνικό Ίδρυμα Προτύπων και Τεχνολογίας

των ΗΠΑ (National Institute of Standards and Technology NIST) και παρουσιάζεται στην Εικόνα 9. [6], [12], [13]



Εικόνα 9. Βασικά στοιχεία έξυπνου δικτύου [14]

Τα βασικά στοιχεία του δικτύου είναι επτά και είναι ο τομέας, που εμπεριέχει άλλους τομείς, εφαρμογές και οντότητες, που έχουν ρόλους και συνδέονται μεταξύ τους μέσω διεπαφών με συσχετίσεις. Αναλυτικότερα, ως κύριο στοιχείο του δικτύου μπορούν να θεωρηθούν οι οντότητες, οι οποίες περιλαμβάνουν συσκευές, συστήματα, προγράμματα, οργανισμούς ή άτομα, που έχουν τουλάχιστον έναν ρόλο που ξεκινά ή αλληλεπιδρά με μια δραστηριότητα. Ως ρόλος ορίζεται κάθε λειτουργία μιας οντότητας. Οι εφαρμογές είναι διεργασίες που εκτελούνται από τις οντότητες. Ο ρόλος του τομέα είναι να ελέγχει τις οντότητες με κοινούς στόχους και κοινά χαρακτηριστικά και να τους κατανέμει σε ομάδες. Ο τρόπος με τον οποίο συνδέονται οι οντότητες και επικοινωνούν μεταξύ τους είναι μέσω των συσχετίσεων. Οι συσχετίσεις στα άκρα τους έχουν τις διεπαφές οι οποίες αποτελούν τα σημεία πρόσβασης μεταξύ των τομέων.

Το δίκτυο, όπως φαίνεται παραπάνω, μπορεί να χωριστεί σε επτά τομείς, οι οποίοι είναι οι εξής : [13]

1. Ο **Τομέας Πελατών**, ο οποίος αποτελείται από τους καταναλωτές και από τις συσκευές που αυτοί διαθέτουν για να διαχειρίζονται την ηλεκτρική ενέργεια. Οι κύριοι τύποι πελατών είναι οι πελάτες που χρειάζονται την ενέργεια για οικιακή χρήση και λέγονται πελάτες δικτύου, οι πελάτες με σκοπό την εμπορική χρήση και οι πελάτες με σκοπό τη βιομηχανική χρήση.
2. Ο **Τομέας Κέντρου Ενεργειών**, στον οποίο ανήκουν οι διαχειριστές της διακίνησης ηλεκτρικής ενέργειας μεταξύ δικτύων.
3. Ο **Τομέας Παραγωγής**, ο οποίος αποτελείται από οτιδήποτε παράγει την ενέργεια, όπως γεννήτριες και σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής καθώς και τις μονάδες αποθήκευσης ενέργειας.
4. Ο **Τομέας Δικτύου Μεταφοράς**, περιλαμβάνει την υποδομή για μεταφορά της ενέργειας σε μακρινές αποστάσεις. Σε κάποιες περιπτώσεις, περιλαμβάνει και μέσα παραγωγής και αποθήκευσης ενέργειας.
5. Ο **Τομέας Δικτύου Διανομής**, ο οποίος αφορά την υποδομή για διανομή της ενέργειας από και προς τους πελάτες αλλά και υποδομές σχετικές με την παραγωγή και αποθήκευση ενέργειας, εάν αυτό χρειάζεται.

Η ενσωμάτωση των έξυπνων δικτύων στην αγορά της ηλεκτρικής ενέργειας είναι πολλά υποσχόμενη και ακολουθείται από χαρακτηριστικά τα οποία προβάλλουν ένα δίκτυο γεμάτο πλεονεκτήματα και βελτιώσεις σε πολλαπλούς τομείς. Οι υποστηρικτές του έξυπνου δικτύου δηλώνουν πως «Ένα έξυπνο δίκτυο θα βοηθούσε στο να βελτιωθούν τα πάντα» και απαντούν στις προκλήσεις και τους φόβους για δραστική αλλαγή σε νέο δίκτυο με μια πληθώρα χαρακτηριστικών που υπόσχονται βελτίωση και πρόοδο.» Τα χαρακτηριστικά αυτά, του νέου, έξυπνου δίκτυο απεικονίζονται σχηματικά και λεπτομερώς παρακάτω. [13]

Τα χαρακτηριστικά του έξυπνου δικτύου παρουσιάζονται στην Εικόνα 10 και αναλυτικότερα στις επόμενες παραγράφους.



Εικόνα 10. Χαρακτηριστικά του έξυπνου δικτύου [13]

Αξιοπιστία και Ευστάθεια (Reliability and Stability)

Η δυνατότητα του δικτύου να εντοπίζει προβλήματα και να ρυθμίζει τη ροή του ρεύματος έτσι ώστε να ελαχιστοποιεί την απώλεια παροχής ηλεκτρισμού. Έτσι το δίκτυο είναι πιο ανθεκτικό σε φυσικές καταστροφές, επιθέσεις ή διαταραχές. Αυτή η ιδιότητα λέγεται self-healing (αυτοίαση) δηλαδή αντιμετώπιση των προβλημάτων χωρίς την παρέμβαση ανθρώπινου δυναμικού. Η ευστάθεια καθορίζει το επίπεδο της αξιοπιστίας που το χαρακτηρίζει. Το έξυπνο δίκτυο πρέπει να είναι σταθερό σε τάση και ρεύμα, να περιορίζει τη ζήτηση αιχμής και τη μεταβλητότητα φορτίου και να αποφεύγει ανεπιθύμητα περιστατικά.

Μετρησιμότητα και Ελεγχιμότητα (Measurability and Controlability)

Ένα έξυπνο δίκτυο θα πρέπει να μπορεί μέσω της αμφίδρομης ροής πληροφορίας να εποπτεύει και να ελέγχει τις λειτουργίες και τα σφάλματα του δικτύου σε πραγματικό χρόνο. Παράλληλα, θα πρέπει η πληθώρα πληροφοριών που παρέ-

χεται στο δίκτυο να είναι μετρήσιμη ώστε να είναι διαχειρίσιμη και να μπορεί να χρησιμοποιηθεί προς όφελος του δικτύου.

Ευελιξία και Κλιμάκωση (Flexibility and Scalability)

Με τον όρο ευελιξία εννοούμε τη δυνατότητα του δικτύου να διαχειρίζεται καλύτερα την αμφίδρομη ροή ενέργειας και να παρέχει επιλογές επιτρέποντας ανά πάσα στιγμή τον απαιτούμενο έλεγχο να πραγματοποιηθεί. Η ευελιξία του δικτύου θυμίζει τη λειτουργία 'plug and play' των σύγχρονων συστημάτων υπολογιστών λόγω της ευκολίας της σύνδεσης και λειτουργίας όχι μόνο των κεντρικών σταθμών παραγωγής αλλά και των κάθε είδους πηγών ενέργειας, από ανανεώσιμες έως κατανεμημένων πηγών παραγωγής. Η κλιμάκωση αφορά τη διαδικασία κυρίως της νησιδοποίησης των μικροδικτύων κατά την οποία το δίκτυο αποσπάται σε μικρότερα τμήματα, κάτι το οποίο θα αναλυθεί σε επόμενο κεφάλαιο διεξοδικά.

Διαθεσιμότητα (Availability)

Αφορά τη διαθεσιμότητα των δεδομένων και την ταχύτητα ανάκτησής τους. Ο βαθμός διαθεσιμότητας πόρων, κυρίως σε θέματα σχετικά με την καθυστέρηση ή την ασφάλεια, πρέπει να είναι υψηλός. Ο λόγος είναι ότι στα συστήματα προστασίας και ελέγχου γραμμής δε νοείται η καθυστέρηση να ξεπερνά κάποια χιλιοστά του δευτερολέπτου γιατί αυτό επιφέρει κίνδυνο στο δίκτυο κάνοντας τους servers μη διαθέσιμους και άρα το δίκτυο μη λειτουργικό.

Ανοχή (Resiliency)

Ως ανοχή ή ανθεκτικότητα ορίζουμε την ικανότητα αυτοθεραπείας του δικτύου μετά από οποιεσδήποτε δυσλειτουργίες ή διαταραχές. Η ικανότητα αυτή επαναφέρει το δίκτυο, μετά από φυσικές καταστροφές, κακόβουλες δραστηριότητες και βλάβες των κατασκευαστικών του στοιχείων, στην αρχική του κατάσταση σε αρκετά μικρό χρονικό διάστημα. Με λίγα λόγια, η ανθεκτικότητα του δικτύου είναι το χαρακτηριστικό εκείνο που δεν επιτρέπει στον καταναλωτή να αντιληφθεί τυχόν προβλήματα που προκύπτουν αφού φροντίζει να τους παρέχει ηλεκτρική ενέργεια χωρίς διακοπές ή έστω με ελάχιστες.

Συντηρησιμότητα (Maintainability)

Αντανακλά την αξιοπιστία ενός συστήματος καθώς και την ικανότητά του να εκτελεί αποτελεσματικά διαδικασίες συντήρησης, όπως επιθεώρηση, αντιμετώπιση προβλημάτων και αντικατάσταση, ώστε να επεκτείνει με αυτόν τον τρόπο τη διάρκεια ζωής του δικτύου. Στόχος είναι η συντήρηση να γίνει με όσο το δυνατόν πιο οικονομικούς τρόπους, από άποψη χρήσης τεχνολογιών αλλά και ανθρώπινου δυναμικού.

Βιωσιμότητα (Sustainability)

Παρουσιάζεται ως επάρκεια, αποδοτικότητα και φιλικότητα προς το περιβάλλον. Σε περιόδους όπου η ζήτηση αυξάνεται και απαιτούνται μεγάλα ποσά ενέργειας γίνονται προσπάθειες για ικανοποίησή της με εναλλακτικούς ενεργειακούς πόρους και αύξηση της εξοικονόμησης ενέργειας προκειμένου να μετριαστεί η συμφόρηση του δικτύου. Οι τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται για την επίτευξη αυτού του στόχου αποφεύγουν τον άνθρακα για να ελαττώσουν τη μόλυνση του περιβάλλοντος.

Διαλειτουργικότητα (Interoperability)

Η διαλειτουργικότητα αφορά τα επιμέρους κομμάτια και διασυνδέσεις του δικτύου τα οποία πρέπει να αλληλεπιδρούν και να επικοινωνούν μεταξύ τους αποτελεσματικά ώστε το δίκτυο να είναι αποδοτικό. Στην περίπτωση που τα δεδομένα, οι διάφορες ενσωματωμένες τεχνολογίες και τα πρωτόκολλα επικοινωνίας λειτουργούν αρμονικά και αδιάλειπτα, η λειτουργία του συνολικού συστήματος είναι άψογη. Στην αντίθετη περίπτωση, το σύστημα επιβραδύνεται και υποβαθμίζεται η αποδοτικότητά του.

Ασφάλεια (Security)

Η ασφάλεια του δικτύου έχει να κάνει κυρίως με τον ανθρώπινο παράγοντα και τις δυσλειτουργίες του συστήματος που προκαλεί μέσω παραβιάσεων του. Οι επιθέσεις στο δίκτυο και οι μη εξουσιοδοτημένες τροποποιήσεις του είναι τα κύρια αίτια που προκαλούν την αναζήτηση ειδικών εργαλείων ασφαλείας, όπως εικονικών δικτύων (VPN) και συστημάτων τείχους προστασίας (firewall), προκειμένου να αποτρέψουν τις επιθέσεις στα συστήματα και να βοηθήσουν στον έλεγχο πρόσβασης.

Βελτιστοποίηση (Optimization)

Ένα έξυπνο δίκτυο προκειμένου να παραμένει αποδοτικό είναι απαραίτητο να βελτιώνεται και να εξελίσσεται. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω προηγμένων τεχνολογιών και έξυπνων συσκευών, καθώς και με ευφυή διαχείριση και αυτοματισμό. Η βελτιστοποίηση του έξυπνου δικτύου γίνεται σύμφωνα με:

- την αξιοπιστία παροχής της ηλεκτρικής ενέργειας
- την αποδοτικότητα χρήσης και μετατροπής της ενέργειας
- την ποιότητα της παραγωγής και διανομής ενέργειας
- τη διαθεσιμότητα μέσων για τη μεταφορά δεδομένων και ενέργειας
- την αποτελεσματικότητα και ακρίβεια των δεδομένων
- τη χρονική απόκριση και διαχείριση των σφαλμάτων
- το οικονομικό κέρδος.

Οι παραπάνω ιδιότητες είναι πλέον χαρακτηριστικές για την ομαλή λειτουργία του. Παρόλα αυτά, υπάρχουν κι άλλες ιδιότητες που βελτιώνουν τα συστήματα η καθεμιά με το δικό της τρόπο. Αυτές οι ιδιότητες (δεν περιλαμβάνονται στην εικόνα) είναι:

Ψηφιοποίηση (Digitalization)

Πρόκειται για ένα βασικό χαρακτηριστικό των έξυπνων δικτύων το οποίο αποτελείται από μια ψηφιακή πλατφόρμα φιλική προς το χρήστη. Η πλατφόρμα αυτή προσφέρει γρήγορη και αξιόπιστη ανίχνευση, μέτρηση, επικοινωνία, υπολογισμό, έλεγχο και απεικόνιση του συστήματος μεταφοράς καθώς είναι και ιδιαίτερα ανεκτική όσον αφορά τα ανθρωπογενή λάθη. [13]

Ευφυΐα (Intelligence)

Η ευφυΐα του έξυπνου δικτύου αφορά στην ικανότητα του να αναγνωρίζει πότε γίνονται λάθη, σε ποιο σημείο και να χρησιμοποιεί ευφυείς τεχνολογίες ώστε να αυτοθεραπεύεται. Η αναγνώριση των λαθών γίνεται άμεσα συνήθως με online αναλυτές στο πεδίο του χρόνου η οποία βοηθά στην ενίσχυση της ασφάλειας του δικτύου.

Προσαρμογή (Customization)

Η προσαρμογή του έξυπνου δικτύου είναι η δυνατότητά του να λειτουργεί με βάση τις ανάγκες του εκάστοτε καταναλωτή. Επιπλέον, η ικανότητα του να αλλάζει ανάλογα με τις ανάγκες της αγοράς και να συμμορφώνεται στις τιμές της αγοράς διατηρώντας την ποιότητά του. Η προσαρμοστικότητα του έξυπνου δικτύου το καθιστά ιδιαίτερα ανταγωνιστικό και διευρύνει την ποικιλία της αγοράς ενέργειας.

2.2.Σύγκριση Υπάρχοντος Δικτύου με το Έξυπνο Δίκτυο

Μελετώντας το ηλεκτρικό δίκτυο στην Ελλάδα σήμερα παρατηρούμε ότι χαρακτηρίζεται από έναν κεντρικό σταθμό παραγωγής και ένα σύστημα μεταφοράς. Το δίκτυο με τη μορφή αυτή προσεγγίζει τα όρια λειτουργίας του και αυτό συμβαίνει για διάφορους λόγους.

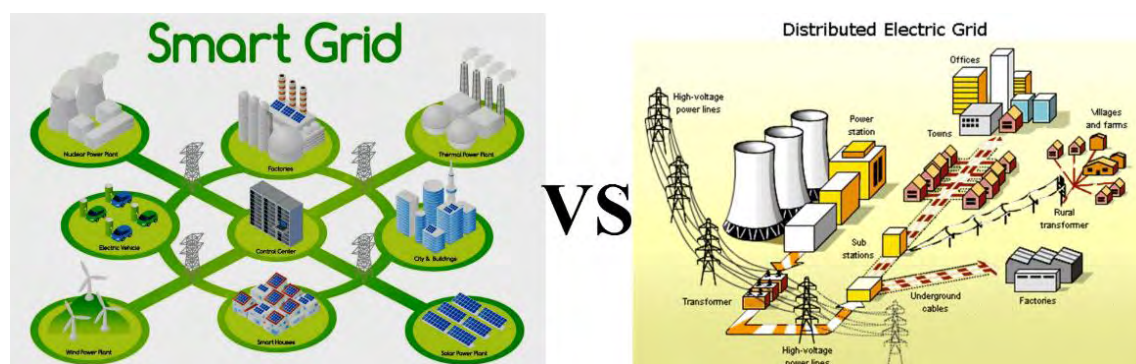
Αρχικά, τα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας όπως και τα συστήματα μεταφοράς και διανομής δεν έχουν αναβαθμιστεί ή αντικατασταθεί, γεγονός που σημαίνει ότι έχουν υποστεί σοβαρές ζημιές και φθορές και δεν εξυπηρετούν στο μέγιστο βαθμό.

Έπειτα, με τους αλματώδεις ρυθμούς που προχωρά η τεχνολογία και γενικότερα ο κόσμος μας, οι ανάγκες για ενέργεια έχουν αυξηθεί ραγδαία καθώς ζούμε πλέον στον κόσμο των υπολογιστών και της τεχνητής νοημοσύνης. Και αυτός ο κόσμος απαιτεί πολλή ενέργεια. Ωστόσο, οι γραμμές μεταφοράς και διανομής δεν μπορούν να ανταποκριθούν στα ποσά ενέργειας που ζητούνται λόγω θερμικών και λειτουργικών περιορισμών, και έτσι οι νέες μορφές ενέργειας που καλύπτουν μεν τα ποσά ενέργειας που χρειαζόμαστε, δεν είναι δυνατόν να συνδεθούν με το υπάρχον δίκτυο.

Τέλος, το δίκτυο στη σημερινή του μορφή υποστηρίζει ροή πληροφορίας και ενέργειας προς μία κατεύθυνση και έτσι σε περιπτώσεις που απαιτείται περισσότερη ενέργεια από όση συνηθίζεται να παρέχει, υπολειτουργεί και στην αντίθετη περίπτωση, που η ζήτηση δεν είναι η μέγιστη, υπερλειτουργεί χωρίς αυτό να είναι απαραίτητο. Αυτό συμβαίνει διότι δρα χωρίς να έχει αντίδραση και δε γνωρίζει τις

ανάγκες των καταναλωτών καθώς αυτοί δεν μπορούν να του τις παρέχουν λόγω μονόδρομης επικοινωνίας.

Συνοψίζοντας, το υπάρχον δίκτυο με μερικές αλλαγές θα μπορούσε να γίνει ένα αποδοτικότερο και πιο αξιόπιστο δίκτυο. Παρακάτω φαίνονται οι διαφορές του σημερινού ηλεκτρικού δικτύου με το έξυπνο δίκτυο σε εικόνα (Εικόνα 11) αλλά και σε πίνακα (Πίνακας 1).



Εικόνα 11. Διαφορές έξυπνου δικτύου από το παραδοσιακό ηλεκτρικό δίκτυο [15]

Πίνακας 1. Σύγκριση παραδοσιακού δικτύου με το ευφυές [16]

<u>Παραδοσιακό Δίκτυο</u>	<u>Ευφυές Δίκτυο</u>
Ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός	Ψηφιακός εξοπλισμός
Παραδοσιακοί μετρητές	Έξυπνοι μετρητές
Ενιαίος τρόπος τιμολόγησης	Ευέλικτη τιμολόγηση
Κατά προσέγγιση τιμολόγηση	Ακριβής τιμολόγηση
Μονόδρομη ροή ισχύος	Αμφίδρομη ροή ισχύος
Μονόδρομη ροή πληροφορίας	Αμφίδρομη ροή πληροφορίας
Συγκεντρωτική παραγωγή	Διεσπαρμένη παραγωγή
Συμφόρηση και υπερφόρτωση	Ασφάλεια και βιωσιμότητα
Συγκεντρωτικός έλεγχος	Βέλτιστη συντήρηση και λειτουργία
Χειροκίνητη αποκατάσταση βλαβών	Αυτόματη αποκατάσταση
Περιορισμένη διείσδυση ΑΠΕ	Πλήρης ενσωμάτωση ΑΠΕ
Διαφορετική λειτουργία ανά κράτος	Διεθνώς διασυνδεδεμένα και

	συγχρονισμένα δίκτυα
Παλιές υποδομές	Ευέλικτες υποδομές
	Χειρισμοί σε πραγματικό χρόνο
	Ενεργή συμμετοχή των χρηστών ΗΕ
	Έλεγχος έξυπνης κατοικίας
	Αυτοπαραγωγή ΗΕ καταναλωτών
	Αποθήκευση ενέργειας
	Απεικόνιση σε πραγματικό χρόνο της κατάστασης του δικτύου

2.3.Ανάγκες για μετάβαση στο νέο δίκτυο και προκλήσεις του Έξυπνου Δικτύου

Υπάρχουν πολλοί λόγοι και πολλές ενδείξεις πως το υπάρχον δίκτυο πρέπει να αντικατασταθεί με ένα νέο, πιο έξυπνο, πιο οικονομικό, πιο φιλικό προς το περιβάλλον και σε γενικές γραμμές πιο σύγχρονο. Ευκαιρίες για να συμβεί αυτό υπάρχουν καθώς οι τεχνολογίες εξελίσσονται με ταχύτατο ρυθμό και παρέχουν εργαλεία και καινοτομίες χρήσιμες για την παραγωγή της ενέργειας. Οι λόγοι, λοιπόν, που καθιστούν αναγκαία τη μετάβαση σε ένα έξυπνο δίκτυο είναι οι εξής:

• Περιβαλλοντικοί λόγοι.

Η χρήση ορυκτών καυσίμων προκάλεσε τα χρόνια αυτά σοβαρές περιβαλλοντικές ζημίες καθώς μεγάλα ποσοστά CO₂ απελευθερώθηκαν στην ατμόσφαιρα με αποτέλεσμα τη ρύπανση του περιβάλλοντος και την αμβλύνουσα κλιματική αλλαγή. Επιπλέον, διαπιστώνεται πως τα αποθέματα ορυκτών καυσίμων φτάνουν στα όριά τους. Παράλληλα, η αιολική και η ηλιακή ενέργεια απαιτούν πιο εξελιγμένα συστήματα ελέγχου για να διευκολυνθεί η σύνδεση τους με το δίκτυο. Τέλος, η ισχύς από τα φωτοβολταϊκά στοιχεία δημιούργησε την ανάγκη για μεγαλύτερους σταθμούς παραγωγής.

- **Ανάγκες αγοράς / καταναλωτών.**

Η βασική ιδέα του έξυπνου δικτύου είναι να επιτρέπει την παρακολούθηση και τον έλεγχο του δικτύου όπως την αλληλεπίδρασή του με τους καταναλωτές για να ενημερώνεται για τις ανάγκες τους. Επιπλέον, για να επιτύχουμε την ελευθερία και τη διαφάνεια της ανταγωνιστικής αγοράς είναι απαραίτητο να αναπτυχθούν ολοκληρωμένες τεχνολογίες λειτουργίας του συστήματος. Τέλος, ο λόγος ποιότητας-τιμής θα πρέπει να επιφέρει την ικανοποίηση των πελατών.

- **Προκλήσεις Υποδομής.**

Ο όγκος δεδομένων όπως και η μεγάλη ισχύς του ηλεκτρικού ρεύματος με τον καιρό έχουν αλλοιώσει την αποτελεσματικότητα των υποδομών και καθιστούν αδύνατο πλέον το σύστημα να είναι αποδοτικό. Συντρέχει μεγάλη ανάγκη για ανανέωση των υποδομών με νέα εργαλεία που θα επιτρέπουν την ανάλυση, τη μεταφορά καθώς και την προστασία των δεδομένων στο δίκτυο.

- **Καινοτόμες Τεχνολογίες.**

Για να λειτουργήσει σωστά ένα εκσυγχρονισμένο έξυπνο δίκτυο απαιτούνται οι κατάλληλες καινοτόμες τεχνολογίες. Οι τεχνολογίες του υπάρχοντος δικτύου δεν είναι συμβατές με την εξέλιξη του αναμενόμενου δικτύου και έτσι καθίσταται αναγκαία η ανάπτυξη νέων τεχνολογιών που να είναι δυνατό να επιτύχουν το επιθυμητό αποτέλεσμα.

Στην Εικόνα 12 απεικονίζεται το έξυπνο δίκτυο όπως θεωρείται πως θα λειτουργούσε πιο αποδοτικά. Είναι αρκετά εύκολο να εντοπιστεί η ενεργή παρουσία των καταναλωτών πελατών με το δίκτυο όπως και η αμφίδρομη ροή των δεδομένων.



Εικόνα 12. Ευφυές Ηλεκτρικό Δίκτυο [16]

3. ΜΙΚΡΟΔΙΚΤΥΑ (MICROGRIDS)

Ένας από τους κύριους στόχους του έξυπνου δικτύου είναι η μείωση των αρνητικών περιβαλλοντικών επιπτώσεων από τους μεγάλους σταθμούς παραγωγής οι οποίοι καταναλώνουν ορυκτά καύσιμα. Προς επίτευξη του στόχου αυτού, το δίκτυο ενσωματώνει όσο το δυνατόν σε μεγαλύτερο βαθμό ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Σε αρκετές χώρες γίνονται προσπάθειες, μέσω νομοθεσιών και οικονομικών κινήτρων, για απόκτηση και χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας από όλους τους παραγωγούς, από επιχειρήσεις έως οικιακούς φορείς. Συγκεκριμένα, η Ευρωπαϊκή Ένωση απαιτεί από τα κράτη μέλη της μέχρι το 2020 το 20% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας να παράγεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Ανάλογες προσπάθειες γίνονται παγκοσμίως σε όλες τις ηπείρους. Ο λόγος για τον οποίο δεν έχει ήδη οριστεί η παραγωγή των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας ως η κύρια μορφή εξαγωγής ενέργειας είναι τα προβλήματα που υπάρχουν λόγω τεχνικών περιορισμών και έχουν να κάνουν κυρίως με τον τρόπο με τον οποίο το δίκτυο διανομής είναι κατασκευασμένο και λειτουργεί. Το δίκτυο διανομής είναι έτσι φτιαγμένο ώστε να επιτρέπει τη ροή ενέργειας από τους μεγάλους παραγωγούς προς τους καταναλωτές (Κεντροποιημένη παραγωγή). Στο δίκτυο αυτό οι σταθμοί εγκαθίστανται μακριά από τις αστικές περιοχές για περιβαλλοντικούς λόγους και η μεταφορά της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας στα σημεία κατανάλωσης πραγματοποιείται μέσω του δικτύου μεταφοράς. Με αυτόν τον τρόπο όμως το δίκτυο επιβαρύνεται αρκετά και καταπονείται αφού τα ποσά ενέργειας που απαιτούνται για την κάλυψη των καθημερινών αναγκών στο βιομηχανικό και οικιακό τομέα αυξάνονται ολοένα και περισσότερο. Έτσι, η κεντροποιημένη παραγωγή δεν εξυπηρετεί αποτελεσματικά και οικονομικά το δίκτυο και οδηγεί στην ανάγκη για δεσπαρμένη παραγωγή (αποκεντροποιημένη παραγωγή). Η αποκέντρωση της παραγωγής δημιουργεί ένα νέο μοντέλο δικτύου που ονομάζεται *Μικροδίκτυο*. Το Μικροδίκτυο παίζει καθοριστικό ρόλο για τη δημιουργία Έξυπνων Δικτύων καθώς είναι μια τοπολογία που δίνει τη δυνατότητα τοπικού ελέγχου του δικτύου από τα οικιακά δίκτυα έως το δίκτυο διανομής.

3.1.Τι είναι Μικροδίκτυο

Το μικροδίκτυο είναι ένα σύνολο τοπικών πηγών ηλεκτρικής ενέργειας που λειτουργούν συνδεδεμένα με το ηλεκτρικό δίκτυο αλλά μπορούν να αποσυνδεθούν και να λειτουργήσουν και αυτόνομα. Αποτελείται από καταναμημένες πηγές ενέργειας, στοιχεία αποθήκευσης ενέργειας και φορτία, και συνδέεται με το δίκτυο στο επίπεδο μέσης ή χαμηλής τάσης. (Εικόνα 13)Κύριο χαρακτηριστικό του είναι ο συντονισμένος έλεγχος ώστε να μην επιβαρύνει το δίκτυο. Η ικανότητα των μικροδικτύων να συνδέονται και να αποσυνδέονται ανάλογα με τις ανάγκες τους, βάσει των σημάτων που λαμβάνουν από το σύστημα ελέγχου τους (και όχι από το κεντρικό σύστημα, που σημαίνει πως δεν το επιβαρύνουν), είναι εξίσου σημαντική. Οι υποδομές για τη δημιουργία, την προστασία και των έλεγχου των μικροδικτύων ωστόσο πρέπει να είναι αρκετά εξελιγμένες για να τους επιτρέπουν την αυτόνομη αλλά και σταθερή λειτουργία τους. Η διαρκής πρόοδος στον τομέα των τηλεπικοινωνιών και ελεγκτών μέσω της συνεχούς εξέλιξης της τεχνολογίας συμβάλλει ώστε να επιτευχθεί τόσο τεχνικά όσο και οικονομικά ο στόχος αυτός.

Τα χαρακτηριστικά του μικροδικτύου μπορούν να χωριστούν σε δομικά και λειτουργικά. Στην πρώτη κατηγορία ανήκουν η διανεμημένη παραγωγή, τα αποθηκευτικά μέσα και τα ελεγχόμενα φορτία. Στη δεύτερη κατηγορία εντοπίζονται τα λειτουργικά χαρακτηριστικά όπως η λειτουργία της νησιδοποίησης και το σύστημα ελέγχου του μικροδικτύου.

Αναλύοντας λοιπόν την πρώτη κατηγορία των δομικών χαρακτηριστικών παρατηρούμε ότι τα μικροδίκτυα χαρακτηρίζονται από τη διανεμημένη παραγωγή, στην οποία εντάσσονται κυρίως οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Τυπικές πηγές ενός μικροδικτύου είναι οι γεννήτριες ντιζελ ή φυσικού αερίου, οι ανεμογεννήτριες, οι φωτοβολταϊκές γεννήτριες, οι κυψέλες καυσίμου, οι γεωθερμικοί και οι ηλιοθερμικοί σταθμοί, τα μικρά υδροηλεκτρικά και τέλος οι μονάδες που χρησιμοποιούν ως πρώτη ύλη τη βιομάζα, το βιοντίζελ ή οποιαδήποτε άλλη πηγή ενέργειας. Όπου υπάρχει κάποια από αυτές τις πηγές είναι δυνατό να εγκατασταθεί ένα μικροδίκτυο ώστε να καλύψει τις ανάγκες της γύρω περιοχής.

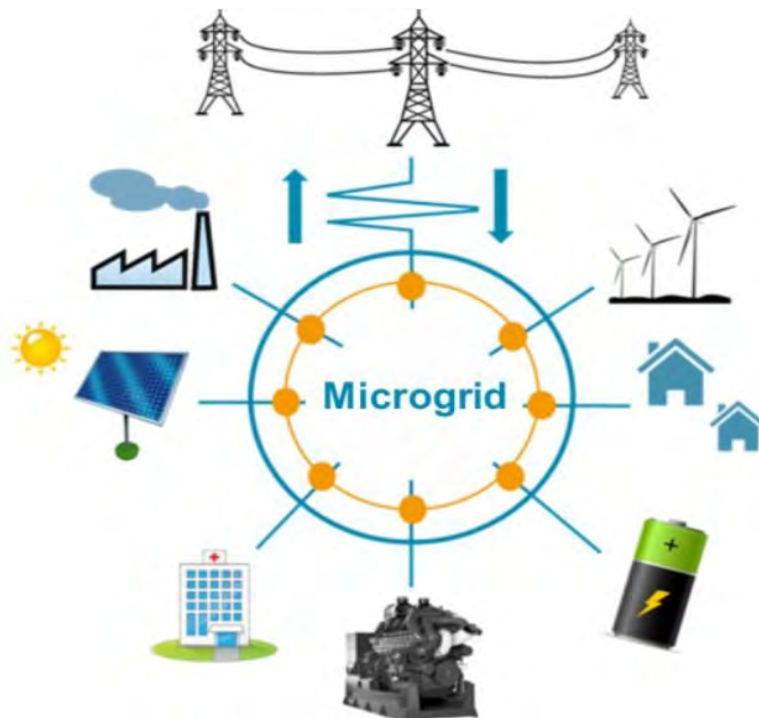
Τα αποθηκευτικά μέσα που χρησιμοποιούνται στα μικροδίκτυα είναι :

- Μπαταρίες (ηλεκτρικοί συσσωρευτές) μολύβδου οξέως βαθιάς εκφόρτισης.
- Αποθήκευση ενέργειας με πεπιεσμένο αέρα (compressed air energy storage, CAES). Η συμπίεση του αέρα γίνεται με κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας. Στη συνέχεια, για να παραχθεί ηλεκτρική ενέργεια ξανά ένας στρόβιλος κινείται με τον πεπιεσμένο αέρα.
- Σφόνδυλοι (flywheels). Ένας κινητήρας-γεννήτρια αποθηκεύει κινητική ενέργεια μέσα σε μια στρεφόμενη μάζα.
- Υπεραγώγιμες διατάξεις. Πρόκειται για διατάξεις με υγρό ήλιο και υγρό άζωτο. Οι πρώτες ήδη χρησιμοποιούνται σε κάποιες εφαρμογές ενώ η εφαρμογή των άλλων αναμένεται στο άμεσο μέλλον.
- Αντλησιοταμίευση. Αρκετά δημοφιλής στη χώρα μας αφού αφορά την αιολική ενέργεια κυρίως από αιολικά πάρκα και την ενέργεια από υβριδικά συστήματα σε νησιά. Η ενέργεια αυτή χρησιμοποιείται για την άντληση και αποταμίευση νερού σε υψηλότερη στάθμη. Το νερό αυτό χρησιμοποιείται στη συνέχεια για να παράγει ηλεκτρική ενέργεια. Αυτό γίνεται αφού απελευθερωθεί από τη δεξαμενή και περάσει μέσα σε υδροστρόβιλο.

Στο σημείο αυτό, χρήσιμο είναι να αναλυθεί η έννοια της νησιδοποίησης. Η νησιδοποίηση είναι ένα σχέδιο στο δίκτυο Ηλεκτρικής Ενέργειας για να αποκοπούν τμήματα του δικτύου με μια τοπική πηγή ενέργειας σε περίπτωση διακοπή παροχής από το υπόλοιπο σθεναρό δίκτυο. Η πηγή αυτή μπορεί να είναι από μπαταρίες έως ένας σταθμός παραγωγής ενέργειας. Η νησιδοποίηση παρέχει αξιοπιστία και ασφάλεια ειδικά για περιοχές με συχνές διακοπές. Σε περίπτωση σφάλματος, η νησιδοποίηση το αντιμετωπίζει ως εξής:

- Παρέχει βελτιωμένους δείκτες αξιοπιστίας όπως δείκτης διάρκειας διακοπής πελατών και δείκτης μέσης διάρκειας διακοπής συστήματος. Βελτιώνει αυτούς τους δείκτες μειώνοντας τις διακοπές.
- Βελτιστοποιεί τη χρήση πόρων. Ανάλογα με τη διακοπή το ανθρώπινο δυναμικό την αντιμετωπίζει ευκολότερα γιατί λιγότερες, μη νησιδοποιημένες, παρουσιάζουν πιθανότητες διακοπών. Έτσι, εξοικονομούνται ανθρώπινοι και οικονομικοί πόροι.

- Συμβάλλει στην αναβολή χρήσης κεφαλαίου. Το πρόβλημα αναγνωρίζεται ευκολότερα και παρέχονται λύσεις χωρίς τη δημιουργία άμεσης ανάγκης κατασκευής σταθμών ή αύξησης υποσταθμών διανομής.



Εικόνα 13. Μικροδίκτυο. [17]

3.2.Τι δεν είναι Μικροδίκτυο

Υπάρχουν περιπτώσεις κατά τις οποίες η έννοια του μικροδικτύου παρερμηνεύεται. (Εικόνα 14) Κάποιες λανθασμένες ερμηνείες για τα μικροδίκτυα είναι οι παρακάτω.

- Υπάρχει η εντύπωση πως επειδή τα μικροδίκτυα κάνουν συχνή χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας οι οποίες δεν είναι πάντοτε διαθέσιμες αυτό ίσως να προκαλεί κενά στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Πρόκειται όμως για λανθασμένη αντίληψη καθώς όχι μόνο αναξιόπιστα δεν είναι τα μικροδίκτυα αλλά είναι τόσο αξιόπιστα που είναι πάντοτε σε θέση να καλύψουν τις διαλείψεις των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας με αποθέματα από τις δικές

τους αποθηκευτικές μονάδες, εάν πρόκειται για απομονωμένο μικροδίκτυο ή από εξωτερικά αποθέματα παραγωγής, εάν είναι συνδεδεμένο με το δίκτυο.

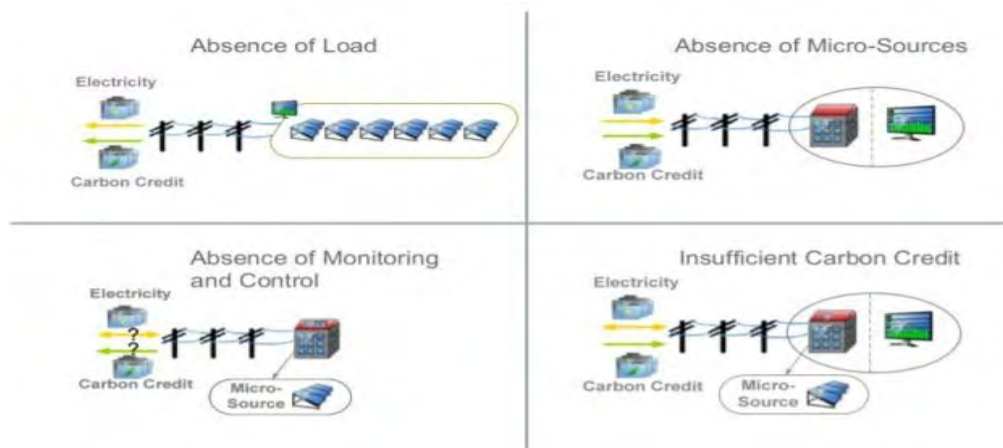
- Τα μικροδίκτυα θεωρείται πως είναι μια ακριβή παρέμβαση στο σύστημα ενέργειας καθώς απαιτούν νέες τεχνολογίες και υποδομές. Ωστόσο, η ενσωμάτωση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στο ενεργειακό σύστημα ήδη έχει επιφέρει κέρδη στο σημερινό δίκτυο κι αναμένεται στο μέλλον να αποσβέσει σε πολύ σύντομο χρονικό διάστημα κάθε επένδυση που έχει γίνει πάνω σε αυτά. Η ανταγωνιστικότητα των μικροδικτύων ενδέχεται να αυξηθεί μελλοντικά καθώς τα κόστη παραγωγής και αποθήκευσης θα μειωθούν.

- Έμποροι που ασχολούνται με την ενέργεια ίσως να χρησιμοποιούν το μικροδίκτυο ως διαφημιστικό κόλπο για να κερδίσουν περισσότερα χρήματα. Αντιθέτως, το μικροδίκτυο μόνο κέρδη και εξοικονόμηση ενέργειας προσφέρει στον καταναλωτή αφού του παρέχει περισσότερες επιλογές στον τομέα της ενέργειας.

- Η ενέργεια θα είναι διαθέσιμη προς τους καταναλωτές μόνο όταν είναι ιδανικές οι συνθήκες οι οποίες την παρέχουν (όταν φυσάει εάν πρόκειται για αιολική και όταν έχει ηλιοφάνεια όταν πρόκειται για ηλιακή). Η φιλοσοφία ότι το φορτίο ακολουθεί την παραγωγή ('load follows generation' philosophy) εφαρμόζονται μόνο στις οικιακές συσκευές, όπως ψυγεία και κλιματιστικά, που παραμένουν για μεγάλο χρονικό διάστημα σε αναμονή και σε εκείνες τις συσκευές, όπως θερμοσίφωνα, που δεν επηρεάζονται από τη χρονική στιγμή λειτουργίας τους.

- Το μικροδίκτυο απαιτεί εκ νέου κατασκευή του δικτύου και δεν είναι συμβατό με ήδη υπάρχουσες υποδομές, γεγονός το οποίο απαιτεί εξ ολοκλήρου αλλαγή του υπάρχοντος δικτύου. Στην πραγματικότητα, τα έξοδα δεν είναι ιδιαίτερα μεγάλα αφού το μόνο που απαιτείται είναι η εγκατάσταση κάποιων συσκευών μετρήσεων, επικοινωνίας και ελέγχου. Οι βασικές υποδομές παραμένουν οι ίδιες.

- Η συμμετοχή στο μικροδίκτυο εγγυάται την συνεχή παροχή ενέργειας στους πελάτες. Το μικροδίκτυο αποτελείται και από αποθηκευτικά μέσα τα οποία είναι σε θέση να παρέχουν ενέργεια σε περίπτωση διακοπών αλλά δεν είναι βέβαιο πως τα μέσα αυτά θα είναι τόσα ώστε να καλύπτουν πάντοτε τις ανάγκες όλων των χρηστών τους. Για να συμβεί αυτό πρέπει να βρίσκονται σε μεγάλο πλεονασμό.



Εικόνα 14. Χαρακτηριστικά μη Μικροδικτύου [18]

3.3.Πλεονεκτήματα του Μικροδικτύου

Η ενσωμάτωση των μικροδικτύων στο σύστημα ενέργειας προβλέπεται να επιφέρει πολλά οφέλη, αρχικά για την ενέργεια και έπειτα για τους ανθρώπους αλλά και το περιβάλλον.

Όσον αφορά τον τομέα της ενέργειας τα πλεονεκτήματα είναι πολλά και αρκετά σημαντικά. Πρώτον, το μικροδίκτυο λόγω της δυνατότητας απομονωμένης λειτουργίας του, κατά την οποία δε συνδέεται με το κύριο δίκτυο, μπορεί και παρέχει στον καταναλωτή ρεύμα όταν το ίδιο το δίκτυο αδυνατεί. Με λίγα λόγια, οι πιθανότητες για διακοπή ρεύματος σε ένα μικροδίκτυο είναι λιγότερες αφού υπάρχουν εφεδρικά μέσα με αποθηκευμένη ενέργεια που ανά πάσα στιγμή καλύπτουν τις αστοχίες του κυρίως δικτύου. Επιπλέον, το προτέρημα της κατανεμημένης παραγωγής των μικροδικτύων είναι εξίσου σημαντικό αφού η ενέργεια δεν παράγεται μόνο από λίγες κεντρικές μονάδες αλλά μπορούν να εγκατασταθούν και στις πιο απομακρυσμένες περιοχές, εκεί που δε δύναται να

προσφέρει ενέργεια το κοινό δίκτυο λόγω έλλειψης υποδομών ή λόγω του ότι είναι αρκετά ακριβή η παροχή ενέργειας σε αυτές.

Τα οφέλη των μικροδικτύων για τους ανθρώπους είναι ποικίλα. Ξεκινώντας με το γεγονός ότι η ενέργεια θα είναι προσιτή και οικονομικότερη για όλους αφού οι υποδομές θα βρίσκονται ακόμα και στις πιο απομακρυσμένες περιοχές και δεν θα απαιτείται ακριβής εξοπλισμός. Ένα ακόμα πλεονέκτημα που αφορά τους καταναλωτές είναι πως για την υλοποίηση των μικροδικτύων απαιτείται γνώση, τεχνική αλλά και θεωρητική. Αυτό σημαίνει πως πολλές νέες θέσεις εργασίας θα γίνουν διαθέσιμες για τους ανθρώπους. Ένα νέο σύστημα, εκτός από γνώση hardware και software, απαιτεί και ανθρώπους στον οικονομικό τομέα, στον περιβαλλοντικό αλλά και στην καθημερινή λειτουργία, τη συντήρηση και τον έλεγχο του μικροδικτύου. Τέλος, επειδή πρόκειται για ένα νέο εγχείρημα και χρειάζεται κίνητρο για τους πελάτες για να το δοκιμάσουν, νέες επιδοτήσεις θα δοθούν σε όσους συμμετέχουν στο μικροδίκτυο και ασφαλώς νέες μειωμένες τιμές στην ενέργεια.

Όσον αφορά το περιβάλλον, τα οφέλη και η μείωση των περιβαλλοντικών επιβαρύνσεων φέρνουν το μικροδίκτυο πιο κοντά στην πραγματοποίησή του. Η ενσωμάτωση των μικροδικτύων ελαττώνει τη ρύπανση του περιβάλλοντος από καυσαέρια λόγω της χρήσης ορυκτών καυσίμων.

3.4.Τρόποι λειτουργίας των μικροδικτύων

Ένα μικροδίκτυο μπορεί να λειτουργήσει με δυο τρόπους ανάλογα με το αν είναι συνδεδεμένο στο κύριο δίκτυο ή όχι. Κάθε περίπτωση αντιμετωπίζει διαφορετικές ανάγκες και ζητήματα και παρέχει διαφορετικές υπηρεσίες και πλεονεκτήματα.

Στην πρώτη περίπτωση, που το μικροδίκτυο είναι συνδεδεμένο με το κεντρικό δίκτυο, αυτή είναι και η πιο συνηθισμένη λειτουργία, η παροχή της ενέργειας υπό φυσιολογικές συνθήκες είναι εξασφαλισμένη. Εφόσον, είναι βέβαιη η παροχή της, στόχος είναι η αποδοτικότερη διαχείρισή της με το ελάχιστο κόστος λειτουργίας. Το μικροδίκτυο μέσα από δεδομένα και στοιχεία που αντλεί από τις πηγές και τα

φορτία κατά τη διάρκεια του ελέγχου στο εσωτερικό του, επιλέγει τη ροή ενέργειας με το κεντρικό δίκτυο που αποτελεί την οικονομικότερη λύση. Όταν το μικροδίκτυο είναι σε θέση να παράγει περισσότερη ενέργεια και οι τιμές αγοράς είναι ευνοϊκές, επιλέγει να εξάγει ενέργεια και να την πουλήσει. Επιπλέον, από τη σκοπιά του κύριου δικτύου παρατηρείται πως επειδή το μικροδίκτυο είναι συνδεδεμένο με αυτό, ο έλεγχος του είναι πιο απλός σε κάθε περίπτωση (ως φορτίου όταν εισάγει ενέργεια και ως σταθμού παραγωγής όταν την εξάγει). Λόγω της σύνδεσής του με το κύριο δίκτυο το μικροδίκτυο σε πολλές περιπτώσεις λειτουργεί ως βοηθός του αφού σε περιπτώσεις ανάγκης βοηθά στην εκκίνηση των μονάδων των εργοστασίων και ρυθμίζει την τάση με αντιστάθμιση της αέργου ισχύος όποτε αυτό κρίνεται απαραίτητο. Τέλος, όσον αφορά τους καταναλωτές του μικροδικτύου οι μονάδες τους συνδυαστικά ισοδυναμούν με μεγάλους σταθμούς παραγωγής και είναι ικανές να παράγουν όλη την απαιτούμενη ενέργεια που ζητά το δίκτυο.

Υπάρχουν όμως περιπτώσεις κατά τις οποίες το μικροδίκτυο είναι προτιμότερο να λειτουργεί αυτόνομα και να μην συνδέεται με τον κύριο άξονα του δικτύου. Ο πιο συνήθης λόγος που αυτή η λειτουργία προτιμάται είναι όταν το σύστημα υφίσταται βλάβες, οφειλόμενες σε φυσικές καταστροφές ή τεχνικούς λόγους. [19] Σε αυτές τις περιπτώσεις η άμεση αποκατάσταση των σφαλμάτων κρίνεται αναγκαία καθώς τέτοιες διακοπές θέτουν σε κίνδυνο κρίσιμα φορτία μέσα στο μικροδίκτυο, όπως τα νοσοκομεία. Πέρα όμως από τα έκτακτα συμβάντα, η απομονωμένη λειτουργία είναι χρήσιμη όταν η τροφοδοσία έχει προβλήματα λόγω μεγάλης απόστασης από το κεντρικό δίκτυο ή όταν εκτελούνται εργασίες συντήρησης. Όταν το μικροδίκτυο αποσυνδέεται από το κεντρικό δίκτυο τις φορές εκείνες που αυτό δεν είναι σε θέση να είναι αποδοτικό μειώνονται τα κόστη καθώς το κομμάτι του μικροδικτύου παραμένει αποτελεσματικό και συνεχίζει σε κανονική λειτουργία παρέχοντας ενέργεια μόνο του.

Είναι κατανοητό πως αφού υπάρχουν δυο τρόποι λειτουργίας και ένα μικροδίκτυο θα υπάρχουν και δυο περιπτώσεις μετάβασης από τη μια λειτουργία στην άλλη. Όταν το δίκτυο βρίσκεται συνδεδεμένο με το κυρίως δίκτυο, για να μεταβεί στην άλλη κατάσταση προηγείται ένας εσωτερικός έλεγχος. Ο ελεγκτής του μικροδικτύου επικοινωνεί με το διαχειριστή του συστήματος για να ενημερωθεί και να ενημερώσει σχετικά με τις τάσεις και την κατάσταση των ρελέ προστασίας, ελέγχει

την πιθανή εξερχόμενη ροή ενέργειας και εξασφαλίζει με αυτόν τον τρόπο την επιτυχή μετάβαση με την ελάχιστη δυνατή διακοπή υπηρεσιών εντός του μικροδικτύου. Στην περίπτωση που το μικροδίκτυο είναι αποσυνδεδεμένο και επιθυμεί να συνδεθεί, οι μεταβλητές στο σημείο κοινής σύζευξης, όπως η συχνότητα, τα επίπεδα και οι γωνίες των τάσεων, οριοθετούνται στα επιτρεπτά επίπεδα και γίνεται συγχρονισμός. [20]

3.5. Έλεγχος Μικροδικτύου

Ο έλεγχος του μικροδικτύου μπορεί να είναι είτε συγκεντρωτικός είτε αποκεντρωμένος. Ωστόσο, επειδή ο συγκεντρωτικός έλεγχος βασίζεται στη λήψη αποφάσεων από ένα σημείο ενώ τα μικροδίκτυα είναι διάσπαρτα σε διαφορετικές γεωγραφικές τοποθεσίες είναι επόμενο πως δεν αποτελεί έναν αξιόπιστο τύπο ελέγχου. Έτσι, καταλήγουμε σε έναν τύπου ελέγχου που είναι μεν αποκεντρωμένος αλλά χρησιμοποιεί και χαρακτηριστικά του συγκεντρωτικού. Αυτό συμβαίνει διότι αν είχαμε έναν πλήρως αποκεντρωμένο έλεγχο θα ερχόμασταν αντιμέτωποι με το πρόβλημα της αδιαφορίας προς τις υπόλοιπες μονάδες καθώς σε αυτό το είδος κάθε τοπική μονάδα ελέγχει τον εαυτό της. Κύριος στόχος είναι η ισορροπία μεταξύ ζήτησης και προσφοράς από τις πηγές ενέργειας και το δίκτυο. Η βέλτιστη λύση για τον έλεγχο του μικροδικτύου με τη μεγιστοποίηση της αξίας του δίνεται μέσω του ιεραρχικού ελέγχου.

Ο ιεραρχικός έλεγχος χωρίζεται σε τρία στάδια : πρωτοβάθμιο, δευτεροβάθμιο και τριτοβάθμιο έλεγχο.

Πρωτοβάθμιος έλεγχος

Κατά τον πρωτοβάθμιο έλεγχο, τα ζητούμενα είναι η ρύθμιση της τάσης και της συχνότητας ώστε να είναι σταθερές. Επιπλέον, επιδιώκεται το ρεύμα να διατηρείται κάτω από τα απαιτούμενα επίπεδα για να μην προκληθούν ανεπιθύμητα φαινόμενα διακοπών και βλαβών στο σύστημα. Όταν το μικροδίκτυο είναι συνδεδεμένο λειτουργεί ως πηγή ή ελεγχόμενο φορτίο. Σε περίπτωση βλάβης θα πρέπει

να αποσυνδεθεί άμεσα και να μπει σε λειτουργία νησιδοποίησης, διαφορετικά θα καταρρεύσει.

Δευτεροβάθμιος έλεγχος

Αποτελείται από τον κεντρικό ελεγκτή και ρυθμίζει κάθε δυσλειτουργία του πρωτοβάθμιου ελέγχου. Από τον δευτεροβάθμιο δίνονται οι τιμές και οι ρυθμίσεις ελέγχου και κάθε περίπτωση σφάλματος επιδιορθώνεται σε χρόνο συνήθως δευτερολέπτων έως λίγων λεπτών. Επιπλέον, αφού αποσυνδεθεί το μικροδίκτυο, εάν έχει προηγηθεί εξαγωγή ή εισαγωγή ρεύματος, ο δευτεροβάθμιος έλεγχος βοηθά στην εξισορρόπηση της παραγωγής και της κατανάλωσης. Σε περίπτωση υπερβολικής παραγωγής η ζήτηση μετριάζεται. Τέλος, προς αποφυγή απότομων αλλαγών και απώλειας ισορροπιών στην παραγωγή, διατίθεται επαρκής αποθηκευτικός χώρος για την ενέργεια. Η συσκευή αυτή, αποθήκευσης ενέργειας, διαθέτει την ικανότητα ταχείας αντίδρασης σε αποκλίσεις τάσεων και συχνοτήτων και έγχυσης μεγάλων ποσοτήτων ισχύος. Κατά αυτόν τον τρόπο διατηρεί τις ισορροπίες κατά την αυτόνομη λειτουργία όπου έχει αποσυνδεθεί το μικροδίκτυο από το κυρίως δίκτυο. Τέλος, οι μονάδες αποθήκευσης σε αυτό το στάδιο δύνανται να λειτουργήσουν και ως εφεδρείες εφόσον αυτές δεν υπάρχουν σε ένα μικροδίκτυο όπως θα υπήρχαν στο συμβατικό δίκτυο. Η χρήση τους εδώ είναι η γρήγορη απόκριση σε απότομα σήματα εντολών και στις διάφορες αλλαγές που γίνονται στα επίπεδα ροής ισχύος.

Τριτοβάθμιος έλεγχος

Είναι το τρίτο επίπεδο ελέγχου κατά το οποίο συμβαίνουν οι οικονομικοί έλεγχοι, η διαχείριση των τιμολογίων δικτύου και των φορτίων των επόμενων ωρών. Επίσης, εδώ ελέγχεται η ροή μεταξύ του μικροδικτύου και του κυρίως δικτύου σε επίπεδο πλέον οικονομικό. Στο στάδιο αυτό, υπάγεται και η πρόβλεψη του καιρού καθώς και ο σχεδιασμός της οικονομικότερης παραγωγής ενέργειας. Περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης, όπως η διακοπή ρεύματος λόγω διάφορων αιτιών αντιμετωπίζονται στο στάδιο του τριτογενούς ελέγχου με τη δημιουργία εικονικών ομάδων μικροδικτύων οι οποίες καλύπτουν τις βασικές ανάγκες παρέχοντας φορτία έτσι

ώστε να μην καταρρεύσει το δίκτυο. Ένα μικροδίκτυο ορίζεται ως το κύριο και τα υπόλοιπα λειτουργούν ως φωτοβολταϊκά και φορτία βάσης.

3.6. Τομείς εφαρμογής

Η εφαρμογή των μικροδικτύων ίσως μέχρι τώρα να μην είχε κριθεί ως απαραίτητη αλλά με την πάροδο των χρόνων παρατηρείται πως η ανάγκη για εγκατάσταση μικροδικτύων έχει πάρα πολλά οφέλη και η λειτουργία τους είναι πολλά υποσχόμενη καθώς πληθαίνουν τα πεδία εφαρμογής τους. Η ανάγκη για την εγκατάσταση των μικροδικτύων διαφέρει ανάλογα με την περιοχή, την παραγόμενη ισχύ και το είδος του φορτίου που ικανοποιούν. Σε άλλες περιοχές οι λόγοι είναι καθαρά οικονομικοί ενώ σε πολλές άλλες πολύ παράγοντες καθορίζουν τη χρησιμότητα των μικροδικτύων.

Παρακάτω παρατίθενται τέσσερις κατηγορίες μικροδικτύων ανάλογα με τα φορτία που ικανοποιούν.

1. Μικροδίκτυα μονής εγκατάστασης

Σε αυτήν την κατηγορία έχουμε κυρίως εμπορικά και βιομηχανικά κτίρια όπως επίσης και οικιακές κατοικίες και νοσοκομεία με μέγιστο φορτίο τα 2MW ανήκουν σε αυτήν την κατηγορία. Πρόκειται για συστήματα με μικρή μεταβλητότητα και ανάγκη για εφεδρεία όταν λειτουργούν σε αυτόνομη λειτουργία. Καθώς μεταβαίνουν σε απομονωμένη λειτουργία τα μικροδίκτυα αυτά βελτιώνουν την ποιότητα ισχύος τους και λειτουργούν καλύτερα.

2. Μικροδίκτυα πολλαπλής εγκατάστασης

Εδώ πλέον έχουμε εμπορικά και βιομηχανικά κτίρια, νοσοκομειακές και στρατιωτικές εγκαταστάσεις οι οποίες εκτείνονται σε πολλά κτίρια και η ισχύς τους ανέρχεται στα 5MW με κάτω όριο τα 2MW που είχαμε στην προηγούμενη κατηγορία.

Ο στόχος και αυτών των μικροδικτύων είναι η επίτευξη καλύτερης ποιότητας ισχύος μέσω της εξέλιξής τους.

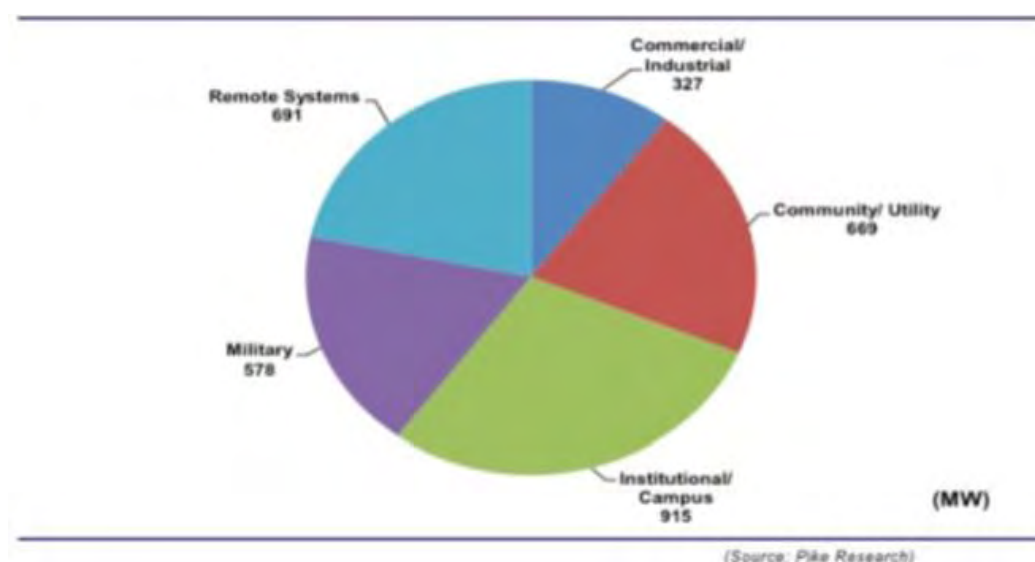
3. Μικροδίκτυα τροφοδοσίας

Η κατηγορία αυτή αφορά ακόμα μεγαλύτερης έκτασης μικροδίκτυα που περιλαμβάνουν πολλά φορτία καθώς και μικρότερα μικροδίκτυα. Η ισχύς τους βρίσκεται ανάμεσα στα 5 με 10MW.

4. Μικροδίκτυα υποσταθμών

Πρόκειται για το είδος μικροδικτύων που αναλαμβάνει τη διαχείριση της παραγωγής και της ζήτησης των συσκευών σε διάφορους απομακρυσμένους υποσταθμούς με φορτία από 5 έως πάνω από 10MW.

Τα μικροδίκτυα όμως διαχωρίζονται και σε κατηγορίες ανάλογα με τη χρησιμότητά τους (Εικόνα 15) : [21] [22]



Εικόνα 15. Κατηγορίες Μικροδικτύων [23]

• **Ερευνητικά/ Ακαδημαϊκά (Institutional Campus)**

Η αξιοπιστία της ενέργειας σε αυτές τις περιοχές έχει μεγάλη σημασία καθώς περιλαμβάνονται πολλά υπολογιστικά συστήματα και κέντρα δεδομένων τα οποία απαιτούν την αδιάλειπτη παροχή της ενέργειας ώστε να διατηρήσουν κρίσιμα δεδομένα και να μην χάσουν την αποδοτικότητα τους. Ήδη πολλά πανεπιστήμια, κυρίως στο εξωτερικό λειτουργούν με αυτόνομα εγκατεστημένα μικροδίκτυα.

• **Κοινοτικά (Community/ Utility)**

Πρόκειται για τους οικιακούς καταναλωτές οι οποίοι προς το παρόν καλύπτονται επαρκώς από το υπάρχον ηλεκτρικό δίκτυο και δεν είναι διατεθειμένοι να επενδύσουν σε μικροδίκτυα εκτός κι αν κάποιος νόμος ή κάποιο ισχυρό οικονομικό όφελος τους επηρεάσει.

• **Βιομηχανικά/ Εμπορικά (Commercial/ Industrial)**

Τέτοιες περιπτώσεις είναι πιθανότερο να χρησιμοποιήσουν τα μικροδίκτυα εφόσον έχουν ανάγκη από αξιόπιστη και αποδοτική παροχή ενέργειας μέσω συνεχούς τροφοδότησης και εφεδρειών. Επιπλέον, σε αρκετές περιπτώσεις, τέτοιες μονάδες, επειδή απαιτείται να τοποθετούνται μακριά από κατοικημένες περιοχές, ίσως να μην μπορούν να εξυπηρετηθούν από το υπάρχον δίκτυο. Έτσι, επωφελούνται από τις δυνατότητες που τους παρέχουν τα μικροδίκτυα σε όποια τοποθεσία κι αν βρίσκονται.

• **Απομακρυσμένα (Off-Grid)**

Η χρησιμότητα των μικροδικτύων είναι ορατή περισσότερο από κάθε περίπτωση στα απομακρυσμένα μικροδίκτυα καθώς το μικροδίκτυο είναι η βέλτιστη λύση για την παροχή ενέργειας σε περιοχές όπου δεν είναι εύκολη η σύνδεση με το δίκτυο διανομής. Αφορά κυρίως νησιά και απομακρυσμένες περιοχές όπου η ισχύς που χρειάζεται είναι σχετικά μικρή αλλά απαραίτητη. Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είναι πολύ σημαντικές καθώς η μεταφορά των καυσίμων για την κάλυψη των αναγκών αυτών των περιοχών είναι ιδιαίτερα χρονοβόρα και ακριβή.

• **Στρατιωτικά (Military)**

Οι ανάγκες των στρατιωτικών μονάδων για αυτονομία και ανεξαρτησία από το υπόλοιπο εθνικό δίκτυο και η αξιόπιστη λειτουργία χωρίς διακοπές καθώς και η αδυναμία μεταφοράς καυσίμων όπως το πετρέλαιο ορίζουν ως μονόδρομο τη χρήση μικροδικτύων για παραγωγή ενέργειας.

4. ΕΞΥΠΝΟΙ ΜΕΤΡΗΤΕΣ (SMART METERS)

4.1.Τι είναι οι έξυπνοι μετρητές;

Το έξυπνο δίκτυο προκειμένου να λειτουργήσει σωστά και αποδοτικά χρησιμοποιεί διάφορες συσκευές για τον συντονισμό και τον έλεγχο του. Οι έξυπνοι μετρητές ίσως είναι τα σημαντικότερα εργαλεία που κατέχει το έξυπνο δίκτυο και συνιστούν αναμφίβολα αναπόσπαστο κομμάτι της αποδοτικότητας και της εξελιξιμότητάς του (Εικόνα 16).

Συγκεκριμένα, ως έξυπνοι μετρητές ορίζονται εκείνες οι συσκευές που καταγράφουν την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας σε διάφορα χρονικά διαστήματα από μια κατοικία, επιχείρηση ή άλλη συσκευή και αποστέλλουν την πληροφορία στις κεντρικές εγκαταστάσεις και έπειτα ξανά στον πελάτη ενημερώνοντάς τον για την κατανάλωση και το κόστος αυτής.

Επιπλέον, οι έξυπνοι μετρητές καθώς έχουν τη δυνατότητα να αποθηκεύουν την πληροφορία που έχουν συλλέξει για μεγάλα χρονικά διαστήματα και έτσι επιτρέπουν στους καταναλωτές να κάνουν εκτίμηση των λογαριασμών τους και να μειώνουν το κόστος σε περιπτώσεις που θεωρούν πως υπερβαίνει τα όρια κατανάλωσης.



Εικόνα 16. Έξυπνος μετρητής [1]

Οι έξυπνοι μετρητές εγκαθίστανται στη μεριά του καταναλωτή και με την εξέλιξη της τεχνολογίας του επιτρέπουν όλο και περισσότερη επικοινωνία με τις κεντρικές εγκαταστάσεις μέσω της αμφίδρομης ροής πληροφοριών που υποστηρίζουν. Η αμφίδρομη αυτή επικοινωνία είναι αυτή που ξεχωρίζει τα AMI (Advanced Metering Infrastructure) από τα AMR (Automatic Meter Reading). Η επικοινωνία καταναλωτή παρόχου μπορεί να γίνει ασύρματα αλλά και μέσω καλωδίων. Στην πρώτη περίπτωση βασιζόμαστε σε κυψελοειδείς επικοινωνίες (ακριβές), σε Wi-Fi (άμεσα διαθέσιμο), ασύρματα δίκτυα ad hoc με Wi-Fi, ασύρματα βροχοειδή δίκτυα, χαμηλής ισχύος μεγάλης εμβέλειας δίκτυα (LoRa), ZigBee (ασύρματο, χαμηλής ταχύτητας, χαμηλής ισχύος) και Wi-SUN (δίκτυα έξυπνης χρήσεως).

Με την πάροδο του χρόνου αυξάνονται οι τεχνολογίες που μπορούν να υποστηρίξουν τους έξυπνους μετρητές καθώς επίσης και οι τομείς στους οποίους οι μετρητές μπορούν να χρησιμοποιηθούν.

4.2.Εξέλιξη των έξυπνων μετρητών

Η εμφάνιση των μετρητών δεν αποτελεί καινοτομία για την εποχή καθώς η πρώτη τους εμφάνιση έχει γίνει μαζί με τη δημιουργία της αγοράς του ηλεκτρισμού με στόχο τη μέτρηση της κατανάλωσης ενέργειας και την ανάλογη χρέωση των καταναλωτών. Η πρώτη τους υλοποίηση βασιζόταν σε έναν περιστρεφόμενο δίσκο ο οποίος κινούταν μέσω επαγωγής με το ρυθμό της ροής ισχύος. Η χρέωση βασιζόταν στις περιστροφές του δίσκου. (Εικόνα 17)



Εικόνα 17. Ηλεκτρομηχανικός μετρητής [24]

Αργότερα, η μορφή των μετρητών άλλαξε σε ψηφιακή και δε χρειαζόνταν πλέον οι δίσκοι, αφού αντικαταστάθηκαν από μικροεπεξεργαστές. Η κοστολόγηση και η χρέωση των πελατών απαιτούσε και σε αυτήν την περίπτωση τον έλεγχο σε κάθε οικία ξεχωριστά από τον υπάλληλο της εταιρείας προκειμένου να καταγράψει τις τιμές που αναγράφονται στα ψηφιακά αυτά “ρολόγια “. Η εξέλιξη αυτή ίσως να βελτίωσε αρκετά την αγορά των μετρητών ωστόσο κάποια προβλήματα συνέχισαν να υπάρχουν.

Αρχικά, αυτός ο τρόπος κοστολόγησης απαιτούσε από τους υπαλλήλους της εταιρείας να επισκέπτονται χιλιάδες σπίτια και να καταγράφουν χειρόγραφα τις τιμές στο σύστημα, το οποίο ήταν αρκετά χρονοβόρο και αντισοικονομικό για την εταιρεία. Έπειτα, η χειρόγραφη καταγραφή θα μπορούσε να είναι ανακριβής καθώς ο υπάλληλος ίσως να έκανε κάποιο λάθος στην ανάγνωση των τιμών ή στην καταχώρησή τους στο σύστημα.

Στην πρώτη περίπτωση των ηλεκτρομηχανικών μετρητών παρουσιάστηκαν περιπτώσεις αλλοίωσης των τιμών καθώς η πρόσβαση στο δίσκο ήταν εύκολη και προκειμένου να μειώσουν την ενδεικτική τιμή ορισμένοι προκάλεσαν ζημία στην εταιρεία χρησιμοποιώντας περισσότερη ενέργεια από αυτή που πλήρωναν.

Ακόμα και με την εξέλιξη των παραδοσιακών μετρητών σε ψηφιακούς κάποια προβλήματα δε βρήκαν λύση και ένα από αυτά αποτελούσε η αδυναμία απομακρυσμένου ελέγχου. Σε κάθε περίπτωση που ένας πελάτης επιθυμεί να τροποποιήσει το οτιδήποτε σε ότι αφορά τον τρόπο με τον οποίο διαχειρίζεται την ενέργεια στον χώρο του είναι απαραίτητη η παρουσία ενός υπαλλήλου προκειμένου να διευθετήσει την κατάσταση. Το ίδιο συμβαίνει και σε περιπτώσεις βλάβης, όπου ο υπάλληλος και πάλι καλείται να επέμβει με την φυσική του παρουσία στο σημείο του σφάλματος και να το ελέγξει ακόμα κι αν πρόκειται για κάτι πολύ απλό.

Τέλος, ένα μειονέκτημα των παραδοσιακών και των ψηφιακών μετρητών αποτελεί η αδυναμία πληροφόρησης του καταναλωτή σε πραγματικό χρόνο για το ρυθμό

κατανάλωσης ενέργειας στην οικία του γεγονός που δεν του επιτρέπει να μεταβάλλει τις συνήθειές του και να εξοικονομήσει ενέργεια.

Παρατηρώντας τις παραπάνω δυσκολίες και χρησιμοποιώντας την πρόοδο της τεχνολογίας οι εταιρείες ξεκίνησαν να τροποποιούν τους μετρητές κάνοντάς τους όλο και πιο χρήσιμους, αποδοτικούς και οικονομικούς. Η πρώτη προσπάθεια αφορούσε την εφαρμογή μεθόδων αυτόματης ανάγνωσης των μετρητών, η οποία επέτρεπε μέσω ραδιοκυμάτων την ανάγνωση των τιμών των μετρητών από κάποια απόσταση έτσι ώστε πολλαπλές τιμές να διαβάζονται όταν ο υπάλληλος βρίσκεται σε έναν χώρο και να μην είναι αναγκαία η επίσκεψή του σε κάθε οικία χωριστά. Έπειτα, με διάφορες βελτιώσεις και τη βοήθεια της συνεχούς ανάπτυξης της πληροφορικής, η παρουσία των υπαλλήλων γινόταν όλο και λιγότερο σημαντική μέχρι που πλέον δεν ήταν απαραίτητη καθώς τα δεδομένα στέλνονταν απευθείας στην εταιρεία μέσω του δικτύου κινητής τηλεφωνίας. Ωστόσο, ο έλεγχος ακόμη δεν είχε φτάσει στα χέρια των καταναλωτών και δεν μπορούσαν να αλληλεπιδράσουν με το δίκτυο και έτσι η ανάγκη για περαιτέρω εξέλιξη των μετρητών οδήγησε τις εταιρείες στη δημιουργία των έξυπνων μετρητών, οι οποίοι αποτελούν σημαντικό εργαλείο στην εξοικονόμηση της ενέργειας σε ένα οικιακό δίκτυο, έπειτα σε ένα συγκρότημα κατοικιών και έμμεσα σε όλο το ηλεκτρικό δίκτυο.

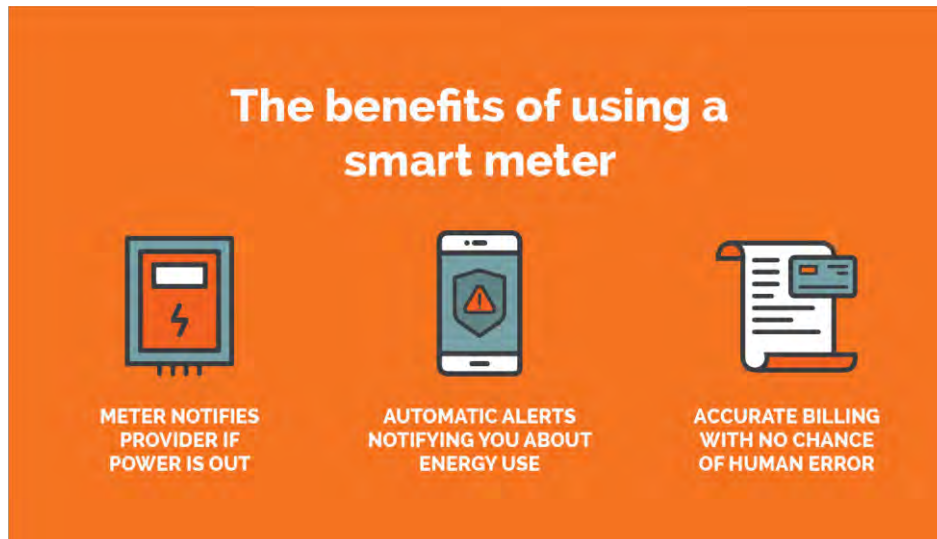
4.3.Χαρακτηριστικά των έξυπνων μετρητών

Εφόσον οι έξυπνοι μετρητές βρίσκονται στη μεριά του καταναλωτή, λογικό είναι να τους παρέχουν και κάποιες δυνατότητες. (Εικόνα 18) Αρχικά, οι μετρητές επιτρέπουν στους καταναλωτές να παρακολουθούν την κατανάλωση ενέργειας ανά πάσα στιγμή και να επεμβαίνουν σε περιπτώσεις που η ζήτηση αυξάνεται επικίνδυνα. Το ίδιο συμβαίνει και με την κοστολόγηση. Έπειτα, λόγω του εξελιγμένου λογισμικού που χρησιμοποιούν ενημερώνονται αυτόματα από το διαδίκτυο και έτσι υποστηρίζουν με επιτυχία τα δίκτυα ιδιοκτητών HANs . Τέλος, οι μετρητές προκειμένου να εξοικονομήσουν ενέργεια ελέγχουν αυτόματα τις έξυπνες οικιακές συσκευές και παρέχουν τις απαραίτητες πληροφορίες αναφορικά με το τί καταναλώνουν αυτές και πόσο κοστίζει το φορτίο τους.

Η επικοινωνία των έξυπνων μετρητών ξεκινά από ένα μικρότερο δίκτυο, αυτό των νοικοκυριών, HAN(Hosted Area Network) και μέσω διάφορων διαύλων επικοινωνίας και ενός συλλέκτη δεδομένων δημιουργεί πλέον το NAN (Neighborhood Area Network), το οποίο με τη σειρά του συνδέεται σε ένα μεγαλύτερο δίκτυο WAN (Wide Area Network). Αναλυτικότερα, τα παραπάνω δίκτυα περιγράφονται ως εξής:

- **Home Area Network (HAN)**, το οποίο αποτελεί το απλούστερο και μικρότερο δίκτυο καθώς αποτελείται μόνο από τον έξυπνο μετρητή για την καταγραφή της ηλεκτρικής ενέργειας και έναν δείκτη που ορίζει ανάλογα με την κατανάλωση το κόστος και άλλα δεδομένα κατανάλωσης προς τους χρήστες.
- **Neighborhood Area Network (NAN)**, το οποίο είναι μεγαλύτερο σαφώς από το HAN αφού αποτελείται από πολλαπλά **HANs** που βρίσκονται κοντά μεταξύ τους, στην ίδια γειτονιά όπως προδίδει και το όνομά του. Εκτός όμως από τα μικρότερα δίκτυα από τα οποία αποτελείται, στο **NAN** υπάρχει και ένας ελεγκτής κεντρικής πρόσβασης ο οποίος είναι υπεύθυνος για την επικοινωνία μεταξύ των **HANs** και του προμηθευτή ενέργειας. Τέλος, υπάρχει και ένας συλλέκτης δεδομένων ο οποίος καταγράφει το σύνολο των μετρήσεων των μετρητών των **HANs**.
- **Wide Area Network (WAN)**, το οποίο είναι το σύνολο των μετρητών, των υποσταθμών και του προμηθευτή, δηλαδή όλο το δίκτυο επικοινωνίας των μετρητών περιγράφεται με το **WAN**. Ένα πολύ σημαντικό κομμάτι του **WAN** αποτελεί και ο ελεγκτής **SCADA**, ο οποίος θα αναλυθεί παρακάτω, και το σύστημα κατανομής ενέργειας που είναι υπεύθυνο για την κατανομή της ηλεκτρικής ενέργειας και των μετρήσεων.

Ο ελεγκτής **SCADA** χρησιμοποιείται από τον προμηθευτή ώστε να έχει τον έλεγχο της κατανομής και την ευκολότερη διαχείριση του δικτύου. Στα **HAN** και **NAN**, επιδιώκει την υψηλή χωρητικότητα του δικτύου και την ταχεία μετάδοση των δεδομένων ενώ στο **WAN** ο κύριος στόχος είναι η σταθερότητα και η αξιοπιστία του δικτύου. [25]



Εικόνα 18. Πλεονεκτήματα της χρήσης ενός έξυπνου μετρητή[26]

Υπάρχουν διάφορες εταιρείες οι οποίες κατασκευάζουν έξυπνους μετρητές με διαφορετικά χαρακτηριστικά, με πιο εξειδικευμένες ή μη δυνατότητες καταγραφής, ωστόσο κάποια λειτουργικά χαρακτηριστικά είναι όμοια σε όλους τους μετρητές και είναι αυτά που τους διαφοροποιούν από τους κλασσικούς και τους ορίζουν ως “έξυπνους” και αυτά είναι :

Ο ρόλος κάθε μετρητή είναι να μετράει τιμές είτε αυτές είναι τάσης και ρεύματος, ισχύος και συχνότητας, είτε πιο προηγμένες μετρήσεις όπως γωνίες φάσεων, εντοπισμό διαταραχών, ποιότητα ενέργειας και ώρες λειτουργίας.

- Οι έξυπνοι πλέον μετρητές στα χαρακτηριστικά τους έχουν και την επικοινωνία με το κεντρικό σύστημα. Η επικοινωνία αυτή είναι αμφίδρομη. Ο μετρητής υπολογίζει και καταγράφει τις τιμές και τα δεδομένα και τα αποστέλλει στην κεντρική μονάδα όπου ελέγχονται, ρυθμίζονται απομακρυσμένες εντολές ανάλογα με την περίπτωση (απομακρυσμένη ενεργοποίηση και απενεργοποίηση, συγχρονισμός ώρας).
- Κάθε μετρητής διαθέτει μια οθόνη στην οποία προβάλλονται όλα τα δεδομένα που αφορούν είτε τις καταναλώσεις είτε τις χρεώσεις.

- Υπάρχουν διεπαφές οι οποίες επιτρέπουν την αλληλεπίδραση του μετρητή με τις υπόλοιπες έξυπνες συσκευές στον ίδιο χώρο. Αυτές είναι υψίστης σημασίας για τους μετρητές και είναι οι εξής: [27]

- οπτική επαφή, η οποία βρίσκεται κοντά στον μετρητή και του επιτρέπει να επικοινωνεί με ηλεκτρονικό υπολογιστή για τη μεταφορά δεδομένων
- ηλεκτρική επαφή επικοινωνίας (επαφή 20mA βρόγχου ρεύματος)
- ασύρματες διεπαφές επικοινωνίας (Bluetooth, GSM)
- διεπαφή PLC

Οι τιμές που καταγράφουν οι μετρητές είναι πολύ σημαντικές καθώς επιτρέπουν στον καταναλωτή να ελέγχει την κατανάλωση ενέργειας στον χώρο του χωρίς να είναι απαραίτητο να απευθυνθεί στον φορέα παροχής ηλεκτρικής ενέργειας. Παρακάτω παρουσιάζονται επιγραμματικά οι τιμές και οι μετρήσεις που ένας μετρητής μπορεί να καταγράψει και να προβάλλει στην οθόνη του.

- Την συνολική ενέργεια που καταναλώνεται ή την ενέργεια ανά ζώνη τιμολόγησης
- Την ενεργό τιμή ρεύματος και τάσης
- Την ενεργό ισχύ σε kw, η οποία είναι αυτή που επιτρέπει τη λειτουργία του μετρητή λόγω της ισχύος που εισέρχεται και εξέρχεται στην εγκατάσταση στην οποία συνδέεται ο μετρητής.
- Την άεργο ισχύ που εισέρχεται και εξέρχεται από την εγκατάσταση
- τη μέγιστη ζήτηση ενεργού και άνεργου ισχύος
- τον συντελεστή ισχύος
- την ύπαρξη αρμονικών
- τις διακοπές ρεύματος
- τη συχνότητα ανά φάση

Η εγκατάσταση των έξυπνων μετρητών είναι τόσο απλή που θα μπορούσε να θεωρηθεί ως ένα από τα πλεονεκτήματά του. Ένας έξυπνος μετρητής αποτελείται από αισθητήρες οι οποίοι συνδέονται με τα καλώδια τροφοδοσίας ρεύματος του ηλεκτρικού πίνακα και συνδέονται με τον πομπό. Ο πομπός βρίσκεται εξωτερικά και συνδέεται έπειτα με την οθόνη του μετρητή. Η συσκευή πλέον είναι έτοιμη για

χρήση. Η οθόνη μεταφέρει τις πληροφορίες για την κατανάλωση ενέργειας στο δίκτυο και ο χρήστης μπορεί να αποσπάσει ότι πληροφορίες χρειάζεται απλώς καταγράφοντας τις τιμές που προβάλλονται και να ρυθμίσει τη λειτουργία του μετρητή όπως θεωρεί πως τον ωφελεί περισσότερο. (Εικόνα 19)



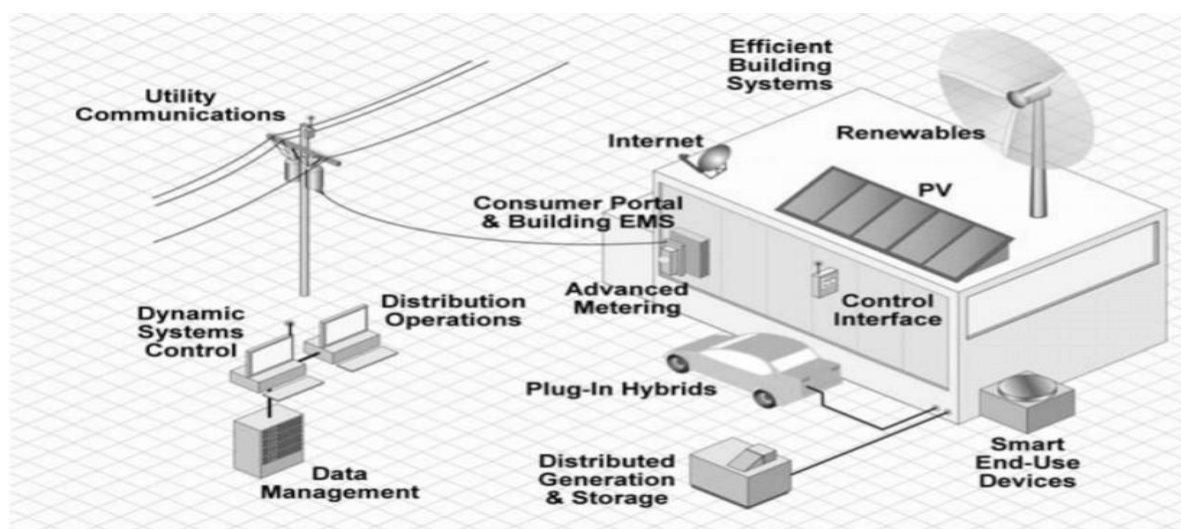
Εικόνα 19. Εγκατάσταση ενός έξυπνου μετρητή [27]

4.4. Έξυπνη μέτρηση στα νοικοκυριά

Όσον αφορά την ενέργεια, οι παράγοντες που πάντα επηρέαζαν και θα επηρεάζουν τους καταναλωτές είναι το κόστος της ενέργειας και οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις που έχει η αλόγιστη χρήση της. Οι καθημερινές ανάγκες για ενέργεια με την επιρροή των μέσων που την παράγουν στο περιβάλλον ωστόσο είναι δύσκολο να εναρμονιστούν. Με την ενσωμάτωση των έξυπνων δικτύων και των έξυπνων συσκευών στην καθημερινότητά μας, τα δεδομένα αλλάζουν και πλέον οι καταναλωτές αναλαμβάνουν την κατανάλωσή τους, έχοντας τη δυνατότητα να την παρακολουθούν και εμμέσως να τη ρυθμίζουν στα όρια που θεωρούν ικανοποιητικά. Οι έξυπνοι μετρητές είναι εύκολη στη χρήση καθώς διαθέτουν μια οθόνη και μια πύλη δεδομένων που παρουσιάζουμε τα δεδομένα σε γραφική μορφή, δείχνοντας στους οικιακούς πελάτες τα αποτελέσματα των ενεργειών τους και να τα βελτιστοποιούν εάν θεωρούν πως κάτι τέτοιο χρειάζεται.

Οι έξυπνοι μετρητές, έχοντας στη διάθεσή τους, την εν λόγω πύλη δεδομένων, έχουν τη δυνατότητα να παρακολουθούν και την κατανάλωση άλλων πηγών όπως το αέριο, το νερό, η θερμότητα και να αποστέλλουν τα δεδομένα στους πελάτες μέσω της οθόνης του υπολογιστή ή κινητού τηλεφώνου. Πέρα από την παρουσίαση των διαφόρων τιμών, οι μετρητές επιτρέπουν στον καταναλωτή να λάβει αποφάσεις και να ρυθμίσει την ενέργεια που καταναλώνει προς το συμφέρον του. Ένας τρόπος για να το πετύχει αυτό είναι να ρυθμίσει τις ηλεκτρικές του συσκευές να λειτουργούν σε περιόδους χαμηλής ζήτησης όπου το κόστος της ενέργειας είναι χαμηλότερο.

Το δίκτυο που είναι άμεσα συνδεδεμένο με τον καταναλωτή είναι αυτό που περιλαμβάνει τις συσκευές μέσα στην οικία του. Το δίκτυο αυτό, όπως προαναφέρθηκε, ονομάζεται Home Area Network (HAN) και περιλαμβάνει μετρητές, οθόνες προβολής των δεδομένων, έξυπνες πρίζες και πολλές έξυπνες συσκευές όπως κλιματιστικά και εγκαταστάσεις θέρμανσης. Ο τρόπος διασύνδεσης των παραπάνω μπορεί να γίνει ενσύρματα αλλά και ασύρματα μέσω των κατάλληλων τεχνολογιών. Η χρήση των έξυπνων αυτών υποδομών έχει σκοπό τη βελτιστοποίηση της κατανάλωσης ενέργειας του σπιτιού και τον πλήρη έλεγχο της κατάστασης από τον καταναλωτή. Το έξυπνο δίκτυο του μέλλοντος στοχεύει στην παροχή υπηρεσιών στον χρήστη οι οποίες θα οδηγήσουν στο καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα, τόσο ενεργειακά όσο και οικονομικά. Στην Εικόνα 20 παρουσιάζεται ένα οικιακό δίκτυο όπως σχεδιάζεται να υλοποιηθεί στο άμεσο μέλλον.



Εικόνα 20. Έξυπνο οικιακό δίκτυο στο μέλλον [28]

Η χρήση των έξυπνων μετρητών στα νοικοκυριά στα πλαίσια του έξυπνου δικτύου παρέχει στο σύστημα και στον καταναλωτή τη δυνατότητα να προγραμματίσει και να ελέγξει τη χρήση των συσκευών της οικίας τους ανάλογα με τις προτιμήσεις του, τις καιρικές συνθήκες, την τιμολόγηση της ενέργειας και το επίπεδο των εργασιών που δύναται να κάνει το συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Συστήματα αισθητήρων, κάμερες και ενεργοποιητές μπορούν να χρησιμοποιηθούν ώστε να τεθεί σε λειτουργία η απομακρυσμένη λειτουργία των συσκευών. Σε περιπτώσεις απουσίας από την οικία, η ενεργοποίηση ή απενεργοποίηση συσκευών καθίσταται πλέον δυνατή μέσω του απομακρυσμένου ελέγχου. Η ρύθμιση του φωτισμού ανάλογα με την ώρα της ημέρας και τον φωτισμό στο εξωτερικό περιβάλλον αποτελεί ακόμα μια δυνατότητα που παρέχουν οι συσκευές αυτές. Και τέλος, μια ιδιαίτερα σημαντική λειτουργία που ίσως να είναι σωτήρια για τους καταναλωτές, η ενδεχόμενη χειροκίνητη ρύθμιση των συσκευών από τον χρήστη και η άμεση ενημέρωσή του μέσω οθονών για τις συνέπειες των αποφάσεων του σχετικά με τις ρυθμίσεις που επέλεξε.

Οι αλλαγές που επιφέρουν οι έξυπνοι μετρητές στο οικιακό δίκτυο είναι αναμφίβολα μεγάλες και με την πάροδο του χρόνου του δίνουν τον πλήρη έλεγχο της ενέργειας που καταναλώνεται στην οικία του αλλά και τη δυνατότητα να επιλέξει ανά πάσα στιγμή αν επιθυμεί να τη διακόψει ή να συνεχίσει με την κατανάλωσή της.

Οι έξυπνοι μετρητές εισβάλλουν όλο και περισσότερο στον τομέα της ενέργειας και κερδίζουν μεγάλο έδαφος καθώς χαρακτηρίζονται από κάποια στοιχεία που τους καθιστούν εύχρηστους και οικονομικούς. Κάποια από τα στοιχεία τους είναι:

- Συμβατότητα με τεχνολογίες και ήδη υπάρχουσες υποδομές, διότι ταιριάζουν και εγκαθίστανται σε χώρους που ήδη υπάρχουν και δε δημιουργούν την ανάγκη για νέες εγκαταστάσεις.
- Χρήση δεδομένων τεχνολογιών. Βασίζονται στην ήδη υπάρχουσα πληροφορία αλλά και σε νέες αποδεδειγμένες τεχνικές οπότε δημιουργούν ένα κλίμα εμπιστοσύνης.
- Ευκολία στη χρήση. Απευθύνονται στο μέσο καταναλωτή που σημαίνει πως η λειτουργία τους είναι απλή και κατανοητή

- Πληθώρα επιλογών για το χρήστη, καθώς του επιτρέπουν να διαχειριστεί την ενέργεια που χρησιμοποιεί όπως ο ίδιος θεωρεί πως είναι ο πιο ωφέλιμος και πιο αποτελεσματικός τρόπος. [22]

Εν κατακλείδι, το οικιακό περιβάλλον σε ένα έξυπνο δίκτυο μπορεί να περιλαμβάνει αισθητήρες, οθόνες προβολής δεδομένων, έξυπνες συσκευές και πρίζες και όλα αυτά σε συνδυασμό να αποτελούν ένα σύστημα διαχείρισης και εξοικονόμησης ενέργειας το οποίο οικονομικά και οικολογικά να είναι το βέλτιστο.

Το σύνολο όμως αυτών των οντοτήτων πρέπει να συνδέεται και να επικοινωνεί με κάποιον τρόπο ώστε η λειτουργικότητα να αυξάνεται και να μην υπάρχουν επιπλοκές μεταξύ της ταυτόχρονης λειτουργίας των συσκευών αυτών. Το ρόλο του ελεγκτή αναλαμβάνει μια εφαρμογή η οποία θα συγκεντρώνει όλα τα δεδομένα από όλες τις συσκευές και τους αισθητήρες και θα συντονίζει τις ενέργειες τους προκειμένου να εξασφαλίσει τη διαλειτουργικότητα και την απρόσκοπτη επικοινωνία μεταξύ τους. Ο βαθμός διαλειτουργικότητας και επικοινωνίας και πάλι αφορά τις προτιμήσεις του χρήστη και σε αυτές βασίζεται και για το λόγο αυτό ο ελεγκτής αυτός είναι διαφορετικός για κάθε οικιακό δίκτυο. Τα χαρακτηριστικά του που είναι κοινά σε κάθε δίκτυο αναφέρονται παρακάτω :

- Λήψη και επεξεργασία πληροφοριών από αισθητήρες, όπως κίνησης, θερμοκρασίας, φωτός
- Αποστολή σημάτων στους ενεργοποιητές για έλεγχο των συσκευών
- Προβολή πληροφοριών στους καταναλωτές
- Αυτοεξέλιξη μέσω τεχνητής νοημόσυνης μελετώντας τις συνήθειες των καταναλωτών

Η επικοινωνία των έξυπνων μετρητών και συσκευών μέσα στον περιορισμένο χώρο της οικίας προβληματίζει εν μέρει τους καταναλωτές καθώς ανησυχούν για τα επίπεδα ακτινοβολίας. Ωστόσο, το πρόβλημα αυτό έχει σχεδόν εξαλειφθεί με τη δυνατότητα επικοινωνίας μέσω φωτός με το Li-Fi.

Το Li-Fi είναι η τεχνολογία μετάδοσης δεδομένων που λειτουργεί όπως το Wi-Fi, όμως χρησιμοποιεί φως αντί για ηλεκτρομαγνητικούς παλμούς, γεγονός που μειώνει κατακόρυφα τα ποσοστά εκπομπών ακτινοβολίας. (Εικόνα 21) Η τεχνολογία του Li-Fi αποδεικνύεται ως 100 φορές ταχύτερη από Wi-Fi επιτυγχάνοντας ταχύτητες της τάξης του 1GB/s. Επιπλέον, εφόσον το φως δε διέρχεται μέσα από τοίχους, ο χρήστης μπορεί να οριοθετήσει την πρόσβαση στο δίκτυο αυξάνοντας με τον τρόπο αυτό την ασφάλειά του.



Εικόνα 21. Τεχνολογία Li-Fi (δεξιά) και τεχνολογία Wi-Fi (αριστερά) [29]

4.5.Εγκατάσταση έξυπνων μετρητών στην Ελλάδα

Η παρουσία των έξυπνων μετρητών είναι εμφανής στην Ελλάδα αφού έχουν μπει σε εφαρμογή σχέδια που προβλέπουν την αντικατάσταση έως και 80% των υφιστάμενων μετρητών μέχρι το Δεκέμβριο του 2020. Πρόσφατες νομικές εμπλοκές έχουν μπλοκάρει την πιλοτική εγκατάσταση των μετρητών ωστόσο το έργο αυτό σύντομα θα προχωρήσει καθώς αποτελεί ευρωπαϊκή υποχρέωση και προβλέπεται από τη νομοθεσία αφού η απόφαση απάρθηκε από τον αρμόδιο υφυπουργό. Επιπλέον, αποτελεί μνημονιακή υποχρέωση καθώς θεωρείται αναπόσπαστο κομμάτι των έξυπνων δικτύων, τα οποία με την σειρά τους, συνδράμουν σημαντικά στη νέα ενεργειακή πολιτική της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Η σημασία των έξυπνων μετρητών είναι καθοριστική για την Ελλάδα, όπως και για την υπόλοιπη Ευρώπη διότι θα εξασφαλίσουν καλύτερη διαχείριση της

κατανάλωσης, εξοικονόμηση ενέργειας, βελτίωση της διείσδυσης των ΑΠΕ, διαμόρφωση διαφορετικών τιμολογίων ανάλογα με τις ώρες αιχμής και χαμηλής ζήτησης και μείωση των ρευματοκλοπών. Επίσης, όσον αφορά το δίκτυο διανομής μπορούν να βελτιώσουν τις υπηρεσίες του και να περιορίσουν τις βλάβες και το χρόνο αποκατάστασής τους.

Η πιλοτική εφαρμογή, που αυτήν την στιγμή βρίσκεται σε κατάσταση αναμονής, προβλέπει την αντικατάσταση 200.000 υφιστάμενων μετρητών με έξυπνους. Δίνοντας τη δυνατότητα στους καταναωτές να παρακολουθούν την κατανάλωση ρεύματος από το κινητό τους ή τον υπολογιστή και να ρυθμίζουν τις συσκευές ανάλογα με τις ανάγκες τους. Επιπλέον, τους δίνεται η δυνατότητα μέσα από τις οθόνες των μετρητών να ενημερώνονται για ενδεχόμενη διακοπή ρεύματος σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης.

Από τους 200.000 μετρητές το πλάνο στοχεύει στην υποχρεωτική εγκατάσταση των 170.000 και στην προαιρετική εγκατάσταση των υπόλοιπων 30.000.

Τον Μάιο του 2019 στελέχη της Schneider στην εκδήλωση Innovation Day Athens (Ημέρα Καινοτομίας Αθήνας) στο Μέγαρο Μουσικής παρουσιάζοντας προϊόντα software για τις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις κτιρίων, κατοικιών, επιχειρήσεων τόνισαν πως το σύστημα διαχείρισης των δεδομένων που οι έξυπνοι μετρητές συγκεντρώνουν από τους καταναλωτές θεωρείται πολύ σημαντικό για την αναβάθμιση του δικτύου. [30]

Το σύστημα τηλεμέτρησης και διαχείρισης της ζήτησης αποτελείται από 200.000 μετρητές που θα αντικαταστήσουν τους παλιούς μετρητές. Επιπλέον, 300.000 μετρητικά στοιχεία θα τοποθετηθούν σε υποσταθμούς για τη συλλογή των δεδομένων από τους μετρητές. Και τέλος το κύριο και εφεδρικό σύστημα τα οποία θα αναλάβουν τη συλλογή των στοιχείων από τα παραπάνω σημεία θα βρίσκεται στις κεντρικές εγκαταστάσεις της ΔΕΔΔΗΕΕ.

5. ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΟΧΗΜΑΤΑ (ELECTRIC VEHICLES)

5.1.Τι είναι τα ηλεκτρικά οχήματα

Η έννοια της ηλεκτροκίνησης δεν είναι νέα στο σύστημα μεταφορών και ενέργειας καθώς ηλεκτρικά οχήματα όπως τραμ, τρένα και τρόλεϊ χρησιμοποιούνται εδώ και πάρα πολλά χρόνια παγκοσμίως. Ωστόσο, τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα έκαναν την εμφάνισή τους αργότερα, όταν διαπιστώθηκε η ανάγκη για μείωση της μόλυνσης του περιβάλλοντος λόγω των επιβλαβών εκπομπών των καυσίμων και για ελάττωση της χρήσης των συμβατικών καυσίμων όπως το πετρέλαιο. Παράγοντες όπως η μείωση της τιμής των βενζινοκίνητων αυτοκινήτων σε αντίθεση με τις υψηλές τιμές των ηλεκτρικών, ο χρόνος φόρτισης των οχημάτων λόγω του μεγάλου μεγέθους της μπαταρίας που απαιτούνταν και οι αναγκαστικές στάσεις για επαναφόρτιση κατά τη διάρκεια μεγάλων ταξιδιών δεν επέτρεπαν την εξάπλωσή τους στην αγορά. Οι τεχνολογικές εξελίξεις μαζί με την ανάγκη για απεξάρτηση από επιβλαβή για το περιβάλλον καύσιμα επιτάχυνε την επανακυκλοφόρηση των ηλεκτρικών οχημάτων με βελτιωμένες πλέον μπαταρίες που επέτρεπαν μεγαλύτερη αυτονομία. Υβριδικά και πλήρως ηλεκτρικά οχήματα διείσδυσαν δυναμικά στην αγορά της αυτοκίνησης με την Tesla Motors να πρωτοπορεί. [31]

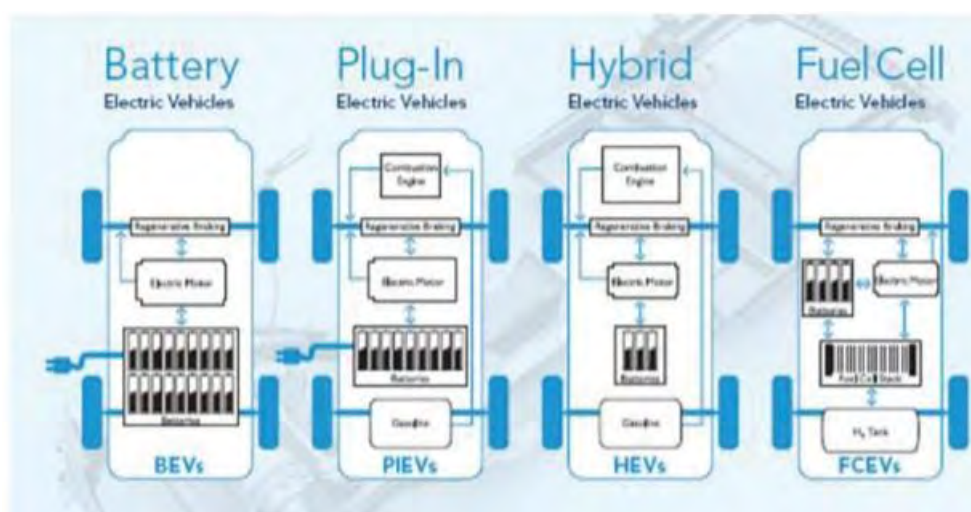
Σήμερα, τα ηλεκτρικά οχήματα χαρακτηρίζονται από μπαταρίες μεγάλης χωρητικότητας που επαναφορτίζονται από το δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας. Το δίκτυο διαθέτει διάφορα σημεία φόρτισης κυρίως πάνω σε μεγάλους αυτοκινητοδρόμους όπου οι αποστάσεις είναι μεγάλες και ενδεχομένως να χρειαστεί μια νέα φόρτιση. Το μεγάλο πλεονέκτημα των ηλεκτρικών οχημάτων είναι η δυνατότητα αποθήκευσης μεγάλων ποσών ενέργειας, η οποία είναι οικονομικότερη κατά τη διάρκεια της νύχτας, όταν η ζήτηση είναι χαμηλή και η επιστροφή της στο δίκτυο σε περιόδους υψηλής ζήτησης.

Η γενική κατεύθυνση παγκοσμίως είναι υπέρ των ηλεκτρικών οχημάτων και η παραγωγή τους έχει αυξηθεί κατακόρυφα. Απομένει η ενημέρωση των πολιτών και οι υποδομές που θα διευκολύνουν την κυκλοφορία των οχημάτων αυτών. Το ηλεκτρικό δίκτυο έχει ήδη αρχίσει να επηρεάζεται και έχει δημιουργηθεί ένα πολύ

αισιόδοξο λίμα όσον αφορά την εξέλιξη της ενέργειας, τις κλιματικές αλλαγές αλλά και την οικονομία των χωρών. Κάποιοι από τους παράγοντες που επηρεάζουν τη διεύθυνση των ηλεκτρικών οχημάτων είναι η τιμή του πετρελαίου που αυξάνεται ολοένα και περισσότερο ενώ τα κοιτάσματα μειώνονται, οι εκπομπές ρύπων που σύμφωνα με διεθνείς οργανισμούς απαιτείται να μειωθούν και διάφορα κίνητρα (απαλλαγή από τέλη κυκλοφορίας και τέλη ταξινόμησης) που προσφέρονται στους αγοραστές ώστε να επενδύσουν σε ηλεκτρικά αυτοκίνητα.

5.2.Τύποι ηλεκτρικών οχημάτων

Τα ηλεκτρικά οχήματα κατηγοριοποιούνται σε τρεις τύπους ανάλογα με το βαθμό από τον οποίο εξαρτάται η κίνηση από το ηλεκτρικό σύστημα. Κοινό χαρακτηριστικό όλων είναι ότι διαθέτουν ένα σύστημα αποθήκευσης ενέργειας το οποίο παρέχει την ενέργεια στον κινητήρα δίνοντας στο όχημα τη δυνατότητα να κινηθεί. Οι τέσσερις κατηγορίες των ηλεκτρικών οχημάτων είναι : (Εικόνα 22)



Εικόνα 22. Τύποι ηλεκτρικών οχημάτων [32]

• Ηλεκτρικά αυτοκίνητα με μπαταρία (*Battery Electric Vehicle - BEV*)

Τα αυτοκίνητα αυτά αποτελούνται από ένα σύστημα αποθήκευσης ενέργειας το οποίο είναι επαναφορτιζόμενο, την μπαταρία, και από έναν ηλεκτρικό κινητήρα. Η φόρτιση της μπαταρίας γίνεται είτε σε κοινή πρίζα είτε σε κάποιο σημείο φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων. Τα επίπεδα φόρτισης της μπαταρίας

είναι ανάλογα του προτύπου με το οποίο υλοποιείται και εφαρμόζονται για να επιτρέπουν στον χρήστη ανάλογα με τον χώρο που βρίσκεται και τον εξοπλισμό που διαθέτει να πετύχει την φόρτιση του είτε μέσω κοινής πρίζας με αργό ρυθμό είτε γρήγορα σε κάποιον ειδικό εξοπλισμό φόρτισης ώστε να εξοικονομήσει χρόνο. Εναλλακτικά, τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα που λειτουργούν με μπαταρία δίνουν τη δυνατότητα στο χρήστη να αλλάξει την μπαταρία του αντί να τη φορτίσει. Η διαδικασία αυτή είναι πολύ γρήγορη αλλά οι απαιτήσεις των μπαταριών είναι πιο συγκεκριμένες σε αυτήν την περίπτωση γεγονός που δεν επιτρέπει σε αυτήν την προσέγγιση, προς το παρόν, να αποδώσει αποτελέσματα. Ανάλογα με τον τύπο του οχήματος οι απαιτήσεις για την μπαταρία που διαθέτουν, αλλάζουν. Κάποιες τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή της μπαταρίας είναι μπαταρίες ιόντων λιθίου ή μολύβδου οξέως. Τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα με μπαταρία δεν έχουν μηχανή εσωτερικής καύσης και βασίζονται στην ενέργεια που λαμβάνουν μέσω της φόρτισης από το ηλεκτρικό δίκτυο.

• **Υβριδικά (Hybrid Electric Vehicle – HEV)**

Είναι αυτά που έχουν μηχανή εσωτερικής καύσης, ηλεκτρικό κινητήρα και ηλεκτρονικούς μετατροπείς ισχύος. Σε αυτήν την κατηγορία υπάρχουν πολλές παραλλαγές. Η πρώτη κατηγορία που χρησιμοποιείται από ορισμένες εταιρείες είναι η mild hybrid τεχνολογία. Η τεχνολογία αυτή αποτελείται από μια ενσωματωμένη ηλεκτρογεννήτρια η οποία λειτουργεί ως δυναμό μαζεύοντας ενέργεια όταν το αυτοκίνητο φρενάρει και ως ηλεκτροκινητήρας καταναλώνοντας την ενέργεια αυτή στην κίνηση. Περιλαμβάνει επίσης μια μπαταρία ιόντων λιθίου 12V η οποία βοηθά στην εκκίνηση και στην επιτάχυνση προκειμένου να πετύχει εξοικονόμηση καυσίμου. Η δεύτερη κατηγορία είναι καθαρά υβριδική και λειτουργεί διαφορετικά. Η τεχνολογία αυτή αποτελείται από έναν βενζινοκινητήρα, έναν ηλεκτροκινητήρα και μια μπαταρία ιόντων λιθίου. Οι μηχανές συνδέονται παράλληλα και σε σειρά ανάλογα με την κίνηση εκτός εάν η στάθμη της μπαταρίας είναι χαμηλά. Διαθέτει τρεις τρόπους λειτουργίας, την EV Drive, την Hybrid Drive και την Engine Drive. Στην EV Drive ο βενζινοκινητήρας είναι απενεργοποιημένος και λειτουργεί μόνο ο ηλεκτροκινητήρας αποσπώντας ενέργεια από τη μπαταρία ιόντων λιθίου προκειμένου να κινηθεί ηλεκτρικά και μόνο. Κατά τη δεύτερη λειτουργία, υπάρχει αλληλεπί-

δραση μεταξύ των τριών στοιχείων του συστήματος. Η μπαταρία αφού φορτιστεί από το βενζινοκινητήρα δίνει ενέργεια στη γεννήτρια και αυτή στον ηλεκτροκινητήρα βοηθώντας το βενζινοκινητήρα. Στη λειτουργία Engine Drive, η μπαταρία και ο ηλεκτροκινητήρας δεν συμμετέχουν όταν το αυτοκίνητο κινείται με ταχύτητα από 80 έως 120χλμ/ώρα χρησιμοποιώντας μόνο το βενζινοκινητήρα του. Οι λειτουργίες που χρησιμοποιούνται κυρίως είναι η EV Drive και η Hybrid Drive καθώς θεωρείται πως βελτιστοποιούν την απόδοση, με την EV Drive να κυριαρχεί.

• **Φορτιζόμενα Υβριδικά (Plug-In Hybrid Electric Vehicle – PHEV)**

Αφορά την τρίτη κατηγορία ηλεκτρικών οχημάτων με διαφορετική λειτουργία από τις παραπάνω. Διαθέτουν μηχανή εσωτερικής καύσης, ηλεκτροκινητήρα και μπαταρία η οποία φορτίζεται από πρίζα σε αντίθεση με τα απλά υβριδικά που φορτίζεται μόνο από τη μηχανή εσωτερικής καύσης. Στην περίπτωση αυτή, τα αυτοκίνητα ξεκινούν να κινούνται ηλεκτρικά και όσο διατηρούν χαμηλή ταχύτητα συνεχίζουν με αυτή τη λειτουργία. Κατά τη διάρκεια της κίνησης η ροπή δίνεται στον πίσω άξονα και έπειτα στον μπροστά. Οι μεταβολές ροπών μεταξύ των αξόνων γίνονται ηλεκτρονικά. Το πλεονέκτημά τους σε σχέση με τα οχήματα που λειτουργούν μόνο με μπαταρία είναι η μεγαλύτερη απόσταση οδήγησης και σε σχέση με τα απλά έχουν μειωμένες εκπομπές ρύπου λόγω της μειωμένης κατανάλωσης καυσίμου.

• **Ηλεκτρικό όχημα με κυψέλες καυσίμου (Fuel Cell Electric Vehicle FCEV)**

Πρόκειται για τη νεότερη κατηγορία ηλεκτρικών οχημάτων που ενδέχεται να κυριαρχήσει στο μέλλον εφόσον οι επιπτώσεις της λειτουργίας των οχημάτων αυτών για το περιβάλλον είναι μηδαμινή καθώς το μόνο που απελευθερώνεται είναι νερό. Αναλυτικότερα, πρόκειται για μια σειριακή δομή στην οποία το σύστημα γεννήτριας – κινητήρα αντικαθίσταται από ένα σύστημα κυψελών καυσίμου το οποίο παράγει ενέργεια ξεκινώντας από το αποθηκευμένο υδρογόνο ή μια δεξαμενή καυσίμου η οποία οδηγεί στην παραγωγή υδρογόνου μέσω μετασχηματιστή. Αυτό γίνεται με τον εξής τρόπο: το υδρογόνο που βρίσκεται στη δεξαμενή εισέρχεται στην κυψέλη και διαχωρίζεται σε ηλεκτρόνια, τα οποία δίνουν ενέργεια στον ηλεκτροκινητήρα και επιστρέφουν στην

κυψέλη. Στην επιστροφή τους, καθώς η κυψέλη έχει ανοιχτεί και έχουν εισαχθεί μόρια οξυγόνου από τον αέρα, συναντώνται με τα μόρια υδρογόνου και δημιουργείται νερό. Η ενέργεια που δημιουργείται από τις ενώσεις είτε φορτίζει τις μπαταρίες είτε γίνεται κινητική στους τροχούς μέσω του ηλεκτροκινητήρα. Η περίσσεια ηλεκτρικής ενέργειας αποθηκεύεται στην μπαταρία. [33]

5.3.Πλεονεκτήματα ηλεκτρικών οχημάτων

Τα πλεονεκτήματα της χρήσης ηλεκτρικών οχημάτων αντί των συμβατικών είναι πολλά αλλά κυρίως σημαντικά τόσο από πλευράς οικονομίας, όσο και από πλευράς προστασίας του περιβάλλοντος. Κάποια από τα πλεονεκτήματα είναι τα παρακάτω:

- Λιγότερη χρήση της μηχανής εσωτερικής καύσης οπότε υπάρχει μικρότερη κατανάλωση καυσίμου και λιγότερες εκπομπές ρύπων
- Μείωση του φαινομένου του θερμοκηπίου και απεξάρτηση από τα συμβατικά καύσιμα λόγω της χρήσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.
- Το κόστος τους δεν επηρεάζεται από αλλαγές στην τιμή της βενζίνης
- Χαμηλό κόστος συντήρησης εφόσον δεν περιλαμβάνουν πολλά μηχανικά μέρη
- Λιγότερο κόστος μετακίνησης αφού η φόρτιση είναι οικονομικότερη από την αγορά πετρελαίου
- Δυνατότητα ανάκτησης ενέργειας κατά το φρενάρισμα και χρήση της παραπάνω ενέργειας για φόρτιση της μπαταρίας
- Λιγότερος θόρυβος από τα συμβατικά οχήματα [16]

5.4. Grid to Vehicle (G2V) και Vehicle to Grid (V2G)

Το Grid to Vehicle όπως και το Vehicle to Grid έχουν να κάνουν με την αλληλεπίδραση των ηλεκτρικών οχημάτων με το δίκτυο. Στην πρώτη περίπτωση, Grid to Vehicle, αναφερόμαστε στη ροή της ενέργειας από το δίκτυο προς το

ηλεκτρικό όχημα, η οποία γίνεται μέσω της φόρτισης των μπαταριών. Η φόρτιση επηρεάζει κυρίως το δίκτυο διανομής, γιατί είναι αυτό στο οποίο συνδέονται τα οχήματα. Οι τρόποι με τους οποίους το επηρεάζει αναλύονται παρακάτω :

- Λόγω του ότι κάποια οχήματα χρησιμοποιούν μονοφασική φόρτιση δημιουργούνται κάποια θέματα στα ρεύματα των φάσεων
- Διάφορα σφάλματα δημιουργούνται επίσης από την εναλλαγή του εναλλασσόμενου ρεύματος σε συνεχές κατά την φόρτιση.
- Βλάβες και σφάλματα μόνωσης στους μετασχηματιστές λόγω της αύξησης της θερμότητας διότι η φόρτιση επιβαρύνει το σύστημα

Η λύση στα παραπάνω προβλήματα βρίσκεται στην ελεγχόμενη φόρτιση και υπάρχουν δύο προσεγγίσεις προκειμένου να επιτευχθεί αυτό.

1.Κεντριοποιημένος συντονισμός φόρτισης

Κάθε όχημα ενημερώνεται από τον κεντρικό ελεγκτή του συστήματος για την ώρα που μπορεί να ξεκινήσει την φόρτιση του οχήματος του καθώς και για το κόστος της φόρτισης. Τα παραπάνω εξαρτώνται από το φόρτο του συστήματος, το ποσοστό φόρτισης της μπαταρίας και την προσπάθεια για ελαχιστοποίηση του κόστους παραγωγής. Το μειονέκτημα της μεθόδου αυτής είναι ότι απαιτεί συνεχή και άμεση επικοινωνία με τους καταναλωτές κάτι το οποίο είναι δύσκολο για μεγάλο αριθμό οχημάτων καθώς απαιτεί σωστό συντονισμό αλλά και υποδομές επικοινωνίας.

2.Κατανεμημένος συντονισμός φόρτισης

Κάθε όχημα φορτίζεται την ώρα που το ίδιο θεωρεί πως είναι πιο οικονομικό και αποδοτικό για την λειτουργία του. Δεν απαιτεί κάποια επικοινωνία με τον ελεγκτή του συστήματος ωστόσο το φορτίο του μπορεί να μην είναι το βέλτιστο που θα μπορούσε να επιτύχει.

Και οι δυο προσεγγίσεις βασίζονται στην εξέλιξη της τεχνολογίας και στη διαθεσιμότητα των πόρων και των υποδομών. Επιπλέον, θεωρείται δεδομένο πως οι πληροφορίες που απαιτούνται όπως το τιμολόγιο πραγματικού χρόνου, η

διαθεσιμότητα των σημείων φόρτισης και το φόρτο του δικτύου παρέχονται στους χρήστες όποτε αυτοί τις χρειαστούν.

Το Vehicle to Grid περιγράφει τη ροή πληροφοριών και ενέργειας από το όχημα προς το δίκτυο. Συνήθως η ροή αυτή είναι απαραίτητη όταν το δίκτυο έχει ανάγκη από ηλεκτρική ενέργεια και χρησιμοποιεί τα οχήματα ως εφεδρείες. Τα οχήματα επιστρέφουν ενέργεια στο δίκτυο και παρέχουν και άλλες βοηθητικές υπηρεσίες σε αυτό, χρησιμοποιώντας τις μπαταρίες τους ως αποθηκευτικά μέσα. Οι υπηρεσίες αυτές είναι πολύ σημαντικές για το δίκτυο καθώς μειώνουν τις ανάγκες του για ενέργεια και το καθιστούν πιο αποδοτικό. Κάποιες βοηθητικές ενέργειες είναι:

- υποστήριξη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας
- παροχή εφεδρείας στο δίκτυο
- εξισορρόπηση φόρτου δικτύου
- ρύθμιση ενεργού και άεργου ισχύος

Σε μία κατάσταση όπου το όχημα αλληλεπιδρά με το δίκτυο υπάρχουν κάποιες απαιτήσεις από την κάθε πλευρά. Ο ιδιοκτήτης του οχήματος προσδοκά την απόσβεση των χρημάτων του και την οικονομική του μετακίνηση ενώ το δίκτυο αναμένει την απαραίτητη κάλυψη των αναγκών του όταν αυτό θα είναι αδύναμο. Υπάρχουν δυο αρχιτεκτονικές για την παροχή υπηρεσιών από τα οχήματα προς το δίκτυο.

• Αρχιτεκτονική άμεσου ελέγχου

Κάθε όχημα συνδέεται και επικοινωνεί με το σύστημα και του παρέχει τις υπηρεσίες του. Μόλις φύγει από την θέση του, η παροχή διακόπτεται και τότε δημιουργούνται τα προβλήματα. Κάθε όχημα ξεχωριστά έχει μικρή ισχύ και ο χρόνος που είναι σταθμευμένο δεν είναι αρκετός για να προσφέρει στο δίκτυο ικανοποιητικά ποσά ενέργειας. Η μετακίνησή του, επίσης, δηλώνει την ανάγκη για περισσότερες υποδομές επικοινωνίας. Όλος αυτός ο όγκος των πληροφοριών απαιτεί κάποιον διαχειριστή ικανό να τις χρησιμοποιήσει προς όφελος του δικτύου.

•Ιεραρχική αρχιτεκτονική

Σε αυτήν την αρχιτεκτονική υπάρχουν οι φορείς συγκέντρωσης, οι οποίοι λειτουργούν ως “μεσολαβητές” ανάμεσα στα οχήματα και το δίκτυο, μεταφέροντας τις πληροφορίες από το δίκτυο στα οχήματα. Οι φορείς συγκέντρωσης είναι ικανοί να διαχειριστούν μεγάλο πλήθος οχημάτων και για το λόγο αυτό είναι αποτελεσματικοί. Ένα ακόμα πλεονέκτημά του είναι το ότι δε δημιουργούν την ανάγκη για νέες υποδομές επικοινωνίας καθώς μπορούν να χρησιμοποιήσουν τις ήδη υπάρχουσες. Το μειονέκτημά τους είναι ότι λαμβάνουν μεγάλο μέρος των κερδών από τις υπηρεσίες που παρέχει το όχημα. Ωστόσο, με διάφορα κίνητρα όπως εκπτώσεις και προνομιακές τιμές αντισταθμίζουν την απώλεια των κερδών του ιδιοκτήτη και του δίνουν ώθηση προς το μέρος τους. [16]

5.5.Ηλεκτρικά Οχήματα στην Ελλάδα

Η Ελλάδα κατατάσσεται στην προτελευταία θέση από άποψη υποδομών για την ηλεκτροκίνηση και στην τελευταία θέση στη λίστα των πωλήσεων ανάμεσα στις χώρες της Ευρώπης. Κάποια μέτρα πρέπει να ληφθούν, όπως επιδοτήσεις και φοροαπαλλαγές, ώστε να ενθαρρύνουν τους καταναλωτές να μεταβούν στην εποχή της ηλεκτροκίνησης. Η μετάβαση ίσως να είναι αργή αφού απαιτείται αρχικά η προσαρμογή με την τεχνολογία της υβριδικής κίνησης και έπειτα με της πλήρους ηλεκτροκίνησης. Σημασία έχει πως παράλληλα με την επίτευξη αυτού του στόχου, επιτυγχάνονται άλλοι δύο οι οποίοι αφορούν το περιβάλλον και την οικονομία. Περνώντας λοιπόν στην ηλεκτροκίνηση, μειώνεται ικανοποιητικά η κατανάλωση καυσίμων, η οποία είναι ακριβότερη από την χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, και ελαττώνονται και οι εκπομπές ρύπων στο περιβάλλον.

Οι υποδομές στην Ελλάδα είναι λίγες προς το παρόν, 50 σημεία φόρτισης, αλλά ο ΔΕΔΔΗΕ προχωρά στην εγκατάσταση άλλων 150 σταθμών φόρτισης στα μη διασυνδεδεμένα νησιά. Επιπλέον, αυτήν την στιγμή στο ελληνικό έδαφος κινούνται 450 ηλεκτρικά οχήματα και ο στόχος είναι έως το 2030 να αποτελούν το

10% της αυτοκίνησης εξοικονομώντας παράλληλα περίπου 9% από την κατανάλωση ενέργειας από τα συμβατικά οχήματα.

Έπειτα από πρόσφατη συμφωνία και Κοινή Υπουργική Απόφαση, αφού οριστούν κάποιοι όροι και προϋποθέσεις, θα ξεκινήσει η εγκατάσταση συσκευών φόρτισης μπαταριών ηλεκτρικών οχημάτων σε δημοσίως προσβάσιμα σημεία επαναφόρτισης όπως πρατήρια καυσίμων, χώρους στάθμευσης σε λιμάνια, συνεργεία συντήρησης και επισκευής οχημάτων, δημόσια και ιδιωτικά ΚΤΕΟ, σταθμούς μέσων μαζικής μεταφοράς αλλά και σε πολλά σημεία του αστικού, υπεραστικού και εθνικού οδικού δικτύου. Γενικότερα, οι φορτιστές προβλέπεται να εγκατασταθούν σε σημεία όπου δεν θα εμποδίζουν την κυκλοφορία πεζών και οχημάτων και την λειτουργία των κύριων δραστηριοτήτων του χώρου.

Τα μέτρα που η ελληνική κυβέρνηση έχει ήδη πάρει στην προσπάθεια ένταξης της ηλεκτροκίνησης είναι η απαλλαγή από την καταβολή τελών κυκλοφορίας, ταξινόμησης και φόρου πολυτελείας και η παροχή κάποιων πρόσθετων οικονομικών κινήτρων όσον αφορά σε κατηγορίες οχημάτων που χρησιμοποιούνται για επαγγελματικούς σκοπούς, όπως ταξί, εταιρίες ταχυμεταφορών και λεωφορεία.

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ

Μελετώντας τις έννοιες της ηλεκτρικής ενέργειας, του ηλεκτρικού δικτύου καθώς και των μικροδικτύων, των έξυπνων μετρητών και των έξυπνων οχημάτων καταλήγουμε στο ότι πρόκειται για νέες τεχνολογίες η διεξόδυση των οποίων στο εθνικό μας δίκτυο προσφέρει πολλά πλεονεκτήματα. Αυτό οφείλεται στο ότι οι βάσεις υπάρχουν σε αφθονία, όπως ο ήλιος, ο άνεμος, η τεχνογνωσία και η ανάγκη για οικονομία και προστασία του περιβάλλοντος. Απομένουν τα κίνητρα, που είναι κυρίως οικονομικά, όπως επιδόματα, και η τελική απόφαση από τους καταναλωτές να στραφούν σε νέες μορφές ενέργειας οι οποίες με την πάροδο του χρόνου θα του επιφέρουν κέρδος.

Σύμφωνα με τα ευρωπαϊκά πρότυπα και τις παγκόσμιες αποφάσεις για την προστασία του περιβάλλοντος και τη λήψη μέτρων για την κλιματική αλλαγή, όλες οι χώρες επιβάλλεται να μειώσουν σημαντικά τις εκπομπές ρύπων και να στραφούν σε νέες μεθόδους παραγωγής ενέργειας.

Με την εγκατάσταση των έξυπνων δικτύων σε διάφορες μεγαλουπόλεις στον πλανήτη παρατηρήθηκε σημαντική μείωση του ενεργειακού κόστους. Σύμφωνα με έρευνα της Juniper Research [34], το 2017 εξοικονομήθηκαν περίπου 3,4 δις δολάρια. Εάν η εγκατάσταση γινόταν στις μεγαλύτερες πόλεις του κόσμου από το 2020 και μετά θα μπορούσαν να εξοικονομούν ετησίως περίπου 14 δις δολάρια. Η εξοικονόμηση οφείλεται κυρίως στους έξυπνους μετρητές και σε πολιτικές εξοικονόμησης ενέργειας που αυξάνουν ταυτόχρονα την αποδοτικότητα των δικτύων. Ωστόσο, τα ηλεκτρικά οχήματα μπορούν να αποτελέσουν σημαντικό μέσο για την εξοικονόμηση ενέργειας καθώς και τα μικροδίκτυα με την χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Συνοπτικά, ίσως να υπάρχουν κάποιες αμφιβολίες σχετικά με τη μετάβαση στη νέα εποχή της ενέργειας, ωστόσο τα πλεονεκτήματα είναι σημαντικά για να κερδίσουν το κοινό των καταναλωτών και να παροτρύνουν τις κυβερνήσεις να βοηθήσουν στην εξέλιξη αυτή της τεχνολογίας και έμμεσα και της κοινωνίας. [35]

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. www.wikipedia.gr
2. Η μετάβαση στα Ευφυή Ηλεκτρικά Δίκτυα και η Συμβολή της Απόκρισης της Ζήτησης στην Αξιοπιστία των Δικτύων Διανομής, Παντελής Μελαχροινούδης, Διπλωματική εργασία
3. Εισαγωγή στην Ενεργειακή Τεχνολογία, Νίκος Μαμάσης, Γιάννης Στεφανάκος, Τομέας Υδατικών Πόρων και περιβάλλοντος, Παρουσίαση στο Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
4. Παγκόσμια Τράπεζα (<https://data.worldbank.org/>)
5. Η ελληνική αγορά ενέργειας, Υφιστάμενη κατάσταση και εξελίξεις, Παρουσίαση, Ηλίας Δούλος, Μηχανολόγος Μηχανικός, Υπ. Δρ. ΕΜΠ
6. <http://www.commpir.org/power.html>
7. www.lagie.gr
8. ΔΕΣΜΗΕ, Μελέτη ανάπτυξης του συστήματος μεταφοράς
9. Μελλοντικά Ηλεκτρικά Δίκτυα και Μικροδίκτυα: Αλγόριθμοι Διαχείρισης Πόρων, Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία, Παπαδάκης Δ. Νικόλαος
10. Τεχνολογίες και Εφαρμογές των Έξυπνων Δικτύων στα Συστήματα Διανομής της Ηλεκτρικής Ενέργειας, Διπλωματική εργασία, Ιωάννα-Αθανασία Σκανδάλη
11. European Technology Platform. Frequently Asked Questions. URL: <http://www.smartgrids.eu>
12. National Institute of Standards and Technology. Smart Grid: A Beginner's Guide. 2010. URL: <http://www.nist.gov/smartgrid/beginnersguide.cfm>
13. Έξυπνα Δίκτυα Ενέργειας, Διπλωματική εργασία, Ζάππης Σωκράτης
14. Updated NIST Smart Grid Framework 3.0., Feb. 2014
15. <http://electricalacademia.com/electric-power/difference-traditional-power-grid-smart-grid>
16. Έξυπνα δίκτυα ηλεκτρικής ενέργειας (Smart Grids) και Σύγχρονες Τεχνολογίες Επικοινωνίας, Νικόλαος Σουλτάνος, Διπλωματική εργασία
17. Ανάλυση και οικονομική αξιολόγηση AC και DC οικιακών μικροδικτύων, Βασίλειος Γ. Στρατινάκης, Διπλωματική εργασία, http://artemis.cslab.ece.ntua.gr:8080/jspui/bitstream/123456789/13348/1/D_T2017-0006.pdf
18. Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και η Λειτουργία Ανεμογεννητριών μέσα σε ένα έξυπνο δίκτυο, Σκεμπές Α. Ευάγγελος, Διπλωματική εργασία

19. Daphne Mah et al., eds. Smart Grid Applications and Developments. Springer, 2014.
20. ABB Inc. Microgrids: From data centers to developing countries, an enticing solution for self-sufficient power. 2012.
21. Έξυπνα Ενεργειακά Δίκτυα :Διαχείριση και Εφαρμογές, Παντίσκας Ν. Λεονάρδος, Διπλωματική Εργασία
22. Μετάβαση στο ευφυές ηλεκτρικό δίκτυο και διαχείριση της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας, Διπλωματική εργασία, Σταύρου Σωτήρης
23. Energy Storage Market for Microgrids: A More Prevalent Feature in Portfolio over Time, Reuters, <https://www.reuters.com/brandfeatures/venture-capital/article?id=15001>
24. www.deddie.gr
25. Advanced Architectures and Control Concepts for More Microgrids, Report on the technical, social, economic and environmental benefits provided by Microgrids on power system operation
26. <https://www.iselect.auenergy/smart-meters/>
27. Έξυπνοι μετρητές ηλεκτρικής ενέργειας, Καραβέλλας Αινείας, Διπλωματική εργασία
28. Clark W. Gellings. The Smart Grid: Enabling Energy Efficiency and Demand Response. CRC Press, 2009.
29. <https://gr.pcmag.com/networking/19049/li-fi-100-phores-pio-gregoro-apo-to-wi-fi>
30. ΔΕΔΔΗΕ, Το πλαίσιο για την εγκατάσταση έξυπνων μετρητών <https://businessenergy.gr/articlenews>
31. U.S Department Of Energy. The History of the Electric Car. 2014. URL: <https://energy.gov/articles/history-electric-car>
32. Γεώργιος Καπετανάκης, Πέτρος Καραμπιλας, Υβριδική Τεχνολογία αυτοκινήτων, Ινστιτούτο μικρών επιχειρήσεων
33. Gaston Maggeto, Electric Vehicles, hybrid electric vehicles and fuel cell electric vehicles: state of the art and perspectives, Elsevier
34. Smart Cities : Strategies & Forecasts in Energy, Transport & Lighting 2017-2022
35. <http://ecopress.gr/?p=5044>